

Erre van előre!

Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon

Vision 2040 Hungary 1.0

szerkesztette: Dr. Munkácsy Béla



Erre van előre!

Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon

Vision 2040 Hungary **1.2**

Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület

2011



dr. Munkácsy Béla (szerk.)

Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon - Vision 2040 Hungary **1.2**
(a könyv formátumban megjelent kiadás javított változata)



Készült a Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület gondozásában, 2011-ben
2310 Szigetszentmiklós, Rév u. 14.
e-mail: kornyezeti.nevelesi.halozat@gmail.com



VIDÉKFEJLESZTÉSI
MINISZTERIUM

A kötet megjelenésének támogatója:
a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, illetve jogutódja,
a Vidékfejlesztési Minisztérium
2010. évi „Zöld Forrás” pályázati keret

A nyomtatás újrafeldolgozott papírra készült
A borítóoldal Bessenyei István munkája
A kiadásért felel a Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület elnöke

ISBN 978-963-08-2024-0

Tartalom

Bevezető (Munkácsy Béla).....	4
1. A 100%-ban megújuló energiára alapozott energiatervezés (Munkácsy Béla).....	11
1.1 A Zero Carbon Britain – a fenntartható energia-forgatókönyvek brit példája (Munkácsy Béla – Németh Livia – Szuhi Attila).....	13
Az alternatív és az új energiastratégia	14
Az éghajlat és az épített környezet kapcsolata	15
A közlekedés, mint a brit klímavédelem egyik fő célterülete	15
Powerup, avagy az energiatermelés átalakítása	17
A szén-dioxid leválasztásának és tárolásának (CCS) illetve az atomenergia alkalmazásának megítélése	17
Társadalmi szerepvállalás az elkerülhetetlen szemléletváltás tükrében	18
Politikai és gazdasági keretek	18
1.2 Dán energiastratégiák 1. – a CEESA Projekt és a Dán Mérnökök Társaságának energiastratégiája (Sáfián Fanni)	19
A Dán Mérnökök Társaságának energia- és klímastratégiája	20
A CEESA Projekt	22
1.3 Dán energiastratégiák 2. – az INFORSE forgatókönyve (Szabó Dániel)	25
Vision 2030 for Denmark	25
Négyes tényező, hatékonyság	27
2. Alacsony CO ₂ -kibocsátású hivatalos nemzeti energiastratégiák.....	28
2.1 Az alacsony szénkibocsátású rendszerre való áttérés forgatókönyve az Egyesült Királyságban – Low Carbon Transition Plan (Nádor Judit – Munkácsy Béla)	28
Az alacsony szénkibocsátású rendszerre való áttérés terve	29
2.2 Dánia energiastratégiája – 2050 (Sáfián Fanni)	33
Célkitűzések	33
Az új energiarendszer sarokkövei	35
Dánia és az atomenergia.....	36
3. A magyar energiaszektor jelenlegi helyzete – dióhéjban (Sáfián Fanni – Budai Edina)	37
Energiamérleg.....	38
Energiaforrások.....	38
Elsődleges energiafelhasználás.....	41

Villamos energia	43
4. A Vision 2040 Hungary 1.2 energia-forgatókönyv (Munkácsy Béla)	47
4.1 A vizsgálatunk módszerének bemutatása (Gunnar Boye Olesen).....	48
4.2 Jólét - Életmód – Szemléletmód. Avagy gyakoroljunk mértékletességet az energiafogyasztásban (Munkácsy Béla)	52
Általános értékrend	53
Nagyobb odafigyelés.....	54
Korszerű ismeretek	54
4.3 Az energiahatékonyságban rejlő potenciálok (Kovács Krisztina – Nádor Judit – Munkácsy Béla)	55
Energialánc	56
A hatékonyság növelésének csapdája.....	58
4.3.1 Az épületekben rejlő energiahatékonysági potenciálok (Munkácsy Béla – Kovács Krisztina – Szabó Dániel – Krassován Krisztina – Budai Edina).....	60
A háztartások energiafogyasztása.....	60
Az épületállomány energiafogyasztása.....	60
Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008-2025)	61
NegaJoule 2020.....	61
A SOLANOVA-projekt tanulságai.....	61
Gazdasági és műszaki szabályozók.....	63
Nemzetközi kitekintés – az ODYSSEE projekt felmérése alapján	63
Konklúzió	64
4.3.2 A fenntartható közlekedés felé vezető út 2050-ig (Miklós György – Munkácsy Béla – Györe Ágnes – Nyeste András)	66
Személyi közlekedés	69
Áruszállítás	76
4.4. A megújuló energiaforrások potenciáljai Magyarországon (Munkácsy Béla)	79
4.4.1 Napenergia (Munkácsy Béla)	79
A passzív napenergia-hasznosítás	80
Az aktív napenergia-hasznosítás	80
A napenergia aktív hasznosítására alkalmas területek Magyarországon.....	81
Lehetőségek hibrid kollektorok (PV/T) alkalmazása esetén	83
Hazánk technikai napenergia potenciálja 2050-ben – hibrid (PV/T) rendszerekkel számolva	84
Hazánk technikai napenergia potenciálja 2050-ben – a jelenleg alkalmazott technikai megoldásokkal számolva	84

Hazánk társadalmi-gazdasági napenergia potenciálja 2050-ben	85
A program potenciál értékelése.....	86
4.4.2 A biomassza energetikai hasznosításának jövőképe (Harmat Ádám – Munkácsy Béla)	87
A szilárd biomassza előállítása 1. - a fenntartható biomassza-termelés (Harmat Ádám)	88
A szilárd biomassza előállítása 2.- Energetikai ültetvény (Harmat Ádám)	89
Bioüzemanyagok Magyarország jövőbeni energiarendszerében (Munkácsy Béla – Szabó Dániel)	94
A biogáz potenciál (Szabó Dániel – Munkácsy Béla)	101
4.4.3 A környezeti hő felhasználásának lehetőségei 2050-ig (Munkácsy Béla – Krassován Krisztina)	104
A környezeti hő hazai hasznosításának jelenlegi gyakorlata.....	104
A földhő hasznosításának magyarországi potenciálja.....	106
A hőszivattyúzás hazai potenciálja 2050-ben	107
4.4.4. A szélenergia (Munkácsy Béla – Kneip Zsuzsanna)	109
Magyarország technikai szélenergia-potenciálja	110
Magyarország társadalmi-gazdasági szélenergia-potenciálja	110
Magyarország program-potenciáljának értékelése a szélerőművekre vonatkozóan.....	113
4.4.5 Vízenergia (Sáfián Fanni).....	116
Hazai potenciál és termelés	116
A vízenergia-felhasználás fejlesztésének lehetőségei.....	117
Vízenergia-felhasználás jövőképünkben	118
4.5 A Vision 2040 Hungary energia-forgatókönyv által felvázolt jövőkép (Munkácsy Béla – Sáfián Fanni)	120
Hatékonyság és takarékoság	120
Megújuló energiaforrások fenntartható használata	120
4.6 Az energiarendszer egyensúlyban tartása – Balancing the energy system (Gunnar Boye Olesen).....	122
5. A forgatókönyv megvalósítását befolyásoló tényezők (Munkácsy Béla)	127
5.1 Az energiafogyasztás, a tájhasználat és az éghajlatváltozás összefüggései (Waltner István – Gál Anita – Leidinger Dániel – Csoma Tamás – Munkácsy Béla)	127
A talaj jelentősége a tájhasználat jövőbeni gyakorlatában.....	128
Alkalmazkodás a tájhasználatban	129
Következtetés	130
5.2 Az externáliák szerepe (Szuhi Attila).....	132
A jelenlegi helyzet.....	133
A jövő - a klímaváltozás által okozott károk.....	134
Egészségügyi hatások.....	134

Az agráriumban jelentkező károk	135
Vízészletek	136
Biodiverzitás és ökoszisztéma	136
Extrém események	136
Összegzés	137
5.3 A szükséges környezetpolitikai változások (Szuhi Attila)	138
A nemzetközi politikai keretfeltételek	139
Az elmélettől a gyakorlatig – hazai lehetőségek	140
További feladatok	141
5.4 Az energetikai rendszerváltás nehézségei a természeti erőforrások szűkösségének szempontjából (Kovács Krisztina – Csoma Dániel)	143
Napelemek	144
Szélturbinák	146
Elektromos és hibrid üzemű közlekedés	148
Gyógyír a szűkösségre: az újrafelhasználás (recycling)	149
Konklúzió	150
5.5 A megújuló energiaforrások társadalmi elfogadottsága hazánkban (Baros Zoltán)	154
A megújuló energiaforrások társadalmi elfogadottságának feltételei	154

Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon – Vision 2040 Hungary 1.2

Bevezető (Munkácsy Béla)

A globális környezeti válság úgy tűnik beköszöntött. A Föld egyes térségeiben ez már régóta nem kérdés, de egy sokemeletes irodaépület légkondicionált szobájából szemlélve nem tűnnek fel azok a **válságjelenségek**, amelyek évente százmilliónyi embertársunk alapvető létfeltételeinek elvesztését eredményezik. Különösen a természettudományokban járatlan tömegek számára maradnak rejtve ezek a folyamatok, amit csak súlyosbít az a tény, hogy a tömegmédiá (természettudományokban ugyancsak járatlan) irányítói sem ismerik fel az események súlyát, így a híradásokban az aznapi véres események mellett csak egy-egy aktuális sztár hétköznapi megpróbáltatásairól vagy a politikai cirkusz szereplőinek iszapbirkózásáról tudhatunk meg újabb részleteket. Eközben a közgazdászok még mindig a „fenntartható növekedés” lufiját kergetik, de az externáliák problematikájával, az alternatív gazdasági mutatók rendszerbe állításának nehézségeivel lassan 50 esztendeje nem vagyunk képesek megbirkózni. A katasztrófa bekövetkezését gyorsítja, hogy a multinacionális cégekkel összefonódott döntéshozók főként saját, rövid távú céljaiknak rendelik alá a gazdaságot – és ami tovább súlyosbítja a helyzetet: a gazdasági érdekek pedig a társadalmat.

A **válság előidézésében** különösen nagy szerep jut az **energiaszektornak**, amely életünk minden pillanatában közvetve és közvetlenül is jelen van – még akkor is, ha ez nekünk sokszor már fel sem tűnik. Az általa okozott károk messze felülmúlják minden más emberi tevékenység pusztítását. Ha végigtekintünk az energialáncon, nyilvánvalóvá válik a rendszer fenntarthatatlansága: a működéséhez nélkülözhetetlen természeti erőforrások erősen fogyatkoznak; az energetikai rendszer egyes lépcsőinek átalakítási határfoka végtelenen alacsony, így a veszteségek minden képzeletet felülmúlnak; az okozott környezeti károk pedig globális környezeti válságot eredményeznek.

Ez a szektor ugyanakkor abból a szempontból is kitüntetett figyelmet érdemel, hogy a fokozódó problémák ellenére (vagy sokszor éppen ezért) egyre világosabban látszanak a különféle **megoldási lehetőségek**. A nemzetközi kutatások arra hívják fel a figyelmet, hogy a **hatékonyság radikális növelése** (vagyis a technológiában rejlő lehetőség) és az **energiatakarékosság** (a mértékletes energiahasználat) együttes alkalmazása az alapja az energiagazdálkodás fenntartható pályára állításának. A politika és a közgazdaságtan által képviselt elképzeléstől eltérően (ahol a fenntarthatóság kapcsán a gazdaság, a társadalom és a környezet hármasságáról beszélnek) értelmezésünkben a **környezeti fenntarthatóság** játszik meghatározó szerepet – ugyanis egy olyan világban, ahol az emberek számára az alapvető környezeti létfeltételek (tiszt levegő és egészséges víz és élelmiszer) nem állnak rendelkezésre, ott sem társadalomról, sem pedig gazdaságról nem beszélhetünk. Az energiagazdálkodásban a környezet szempontjából legkisebb károkat okozó megoldások pedig a **megújuló energiaforrások** különféle alkalmazásaihoz kapcsolódnak. Ugyanakkor az is igaz, hogy a megújuló energiaforrások sem minden esetben elfogadhatók környezeti szempontból, tehát ezek alkalmazása is csak szigorú feltételek figyelembevételével eredményez fenntartható megoldásokat.

A hosszú távú (túlélési) célok elérése érdekében tehát ezeknek a környezetpolitikai céloknak kellene alárendelni a gazdaság és társadalom, így az energiapolitika működését. Ez magában foglalja **értékrendünk** helyreállítását és ezzel együtt gyökeres fordulatot követel életünk minden területén – ami az elkényelmesedett (fogyasztói) társadalom többségének számára nem feltétlenül szimpatikus elvárás. Ugyanakkor úgy tűnik, hogy nincs más választásunk. Az **IPCC** tevékenysége, a **Római Klub** vagy az **Earth Policy Institute** tanulmányai, a **Stern-**

jelentés – hogy csak néhány ismertebbet említsük – mind arra hívják fel a figyelmet, hogy az idő sürget, a cselekvés órája már elérkezett. Sőt, a kutatók egy jelentős része egyenes úgy véli, hogy a katasztrófa immár elkerülhetetlen, már csak a bizonyosan bekövetkező válság súlyosságát kellene lehetőségeinkhez képest minél inkább tompítani. Az azonnali irányváltás tehát – függetlenül attól, hogy melyik véleményt fogadjuk el – mindenféleképpen elkerülhetetlen.

Határozott véleményünk ugyanakkor, hogy az energiagazdálkodás **nem pusztán műszaki és gazdasági probléma**, amit majd a mérnökök – esetleg közgazdászok bevonásával – megoldanak helyettünk. A feladatok bonyolultsága messze túlmutat a műszaki megoldásokon, szükségessé teszi a holisztikus megközelítést. Mivel az **energiaszolgáltatásokat** emberek veszik igénybe, ezért – az elmúlt évek nemzetközi kutatásainak, sőt tapasztalatainak tükrében – határozottan kijelenthetjük, hogy **valódi megoldások nem szülehetnek a társadalomtudományok** értő művelőinek (így például pedagógus, szociológus, médiszakember) **bevonása nélkül**. Azon is el kell gondolkodnunk, hogy az anyag- és energiaáramlás folyamatai egy adott földrajzi térben történnek, így széleskörű társadalom- és természetföldrajzi ismeretekkel rendelkező, a térbeliség problematikájával foglalkozó **geográfusok** mellőzésével a felmerülő kérdésekre ugyancsak nem lehet helyes választ adni. Gondoljunk csak a megújuló energiaforrások várhatóan rohamos elterjedésére. Hogy ez ne súlyos károk okozásával járó agresszív terjedés legyen (amint arra hazánkban már sajnálatos példák is szolgálnak), ehhez ugyancsak szükségszerű energia- és környezeti ügyekben járatos területi tervezők bevonása.

A komplex megközelítés eredményeként **Costa Ricában** (amely a **Human Development Index** tekintetében Szerbiával vagy Fehéroroszországgal vethető össze, viszont a fenntarthatósági szempontokat is megjelenítő **Happy Planet Index** tekintetében világelső!) az elsődleges energiafelhasználásnak már **99,2%-a származik megújuló forrásból**. A villamos áramot 82%-ban vízerőművekben állítják elő, de egyre jelentősebb szerepet kapnak a szélturbinák és a geotermikus erőművek is. Utóbbiak adják a hőenergia nagyobb részét is, de ezen a téren fontos szerepe van a cukornád-termesztés és -feldolgozás során keletkező hulladék biomassza hasznosításának is (Altamonte, H. et al. 2003).

A nagyobb fogyasztású európai térségben is akadnak már biztató példák. A burgenlandi **Güssing/Németújvár** és a környezetében lévő falvak ugyancsak biomassza, illetve újabban bio-szolár alapú energiatermelésre álltak át, és 1990 óta több mint **90%-os karbonkibocsátás-csökkentést sikerült elérniük** (az 1996-ban alapított *A Megújuló Energia Európai Központja* [EEE] közreműködésével). Lényeges megemlíteni, hogy Güssing esetében az irányváltást eredményező motiváció kifejezetten gazdasági jellegű volt és az energiakiadások helyben – a helyi közösségben – tartását célozta. Hasonló fejlődési utat járt be **Jühnde** (Németország – Alsó-Szászország) települése, ahol szerves hulladékokra alapozott biogáz-termelés folyik, így lényegében **100%-ban megújuló energiaforrásra támaszkodó rendszert működtetnek** (a *Fenntartható Fejlődés Interdiszciplináris Központjának* [IZNE] támogatásával). Az eltérő természeti adottságok miatt a közösségek egészen más utat választottak Dániában. Itt **Thisted** térsége (az 1982-ben alapított *Nordic Folkecenter* szakmai tapasztalataival) és **Samsø** szigete (a 2005-ben létrehozott *Samsø Energia Akadémiával*) meghatározóan a szélenergiára alapozott, csaknem 100%-ban megújulóra építő villamosenergia-rendszert működtetnek (Droege, P. [szerk.] 2009). Többek között az Aalborgi Egyetemen folyó elméleti energiatervezési munka gyakorlatba ültetése valósul meg napjainkban **Frederikshavn** kikötővárosában illetve a környező kisebb településeken, ahol – az ötlet megszületésétől kezdve alig 9 esztendő alatt – 2015-ig az energiafelhasználás minden szegmensében szeretnék elérni a megújuló forrásokra való teljes mértékben történő átállást (Lund, H. - Østergaard, P.A. 2008).

Különbféle külföldi kutatócsoportok munkájába bepillantva jól érzékelhető, hogy a motivációt nagyon határozottan az adott probléma megoldásának vágya, belső kényszere jelenti. Így például vizsgálódásunk tárgyában a kérdés úgy merül fel, hogy vajon **miképpen állítható át egy adott ország gazdasága teljes mértékben fenn-**

tartható energiatermelésre. Ezzel szemben hazánkban gyakori az a fajta megközelítés, amelyben ezzel szemben azt kutatják, vizsgálják, hogy vajon miért nem lehetséges egy ilyen átmenet. Kiadványunkkal inkább az előbb említett irányvonalat kívánjuk erősíteni. Ahhoz szeretnénk támpontokat adni, hogy az energiarendszer által okozott problémák megoldásának, a továbblépésnek melyek lehetnek a fő irányai. Másfél éves munkánk eredményeképpen egyfajta „**best case scenario**”-t, vagyis egy olyan forgatókönyvet állítottunk össze, amely – leginkább a szabályozási környezet szempontjából – optimális körülményeket feltételez, és olyan utat vázol fel, amely elemzéseink szerint elvezethet egy fenntartható, hosszú távon is működőképes energiarendszer kialakításához.

A Tisztelt Olvasó kezében lévő kiadvány a **Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület** évek óta tartó, a fenntartható energiagazdálkodásra történő áttérés elméleti és gyakorlati vonatkozásaival kapcsolatos munkájának része. Az egyesület az **International Network for Sustainable Energy (INFORSE)** valamint a kutatói és civil csoportok közötti együttműködést célzó **Low Carbon Societies Network** magyarországi tagszervezete. 1994 óta foglalkozik energiagazdálkodással – az első időben annak környezeti nevelési vonatkozásaival, az utóbbi 10 évben egyre inkább a fenntartható energiagazdálkodásra való áttérés kutatásával és gyakorlati megvalósításával, így például a hatékony biomassza-tüzelést reprezentáló különféle tömegkályhák hazai elterjesztésével. A szervezet **Az energiagazdálkodás és az emberi tényező** címmel 2008-ban jelentetett meg egy kötetet, amelyben – főként külföldi tanulmányok magyar nyelvű változatainak megjelentetésével – az elkerülhetetlen paradigmaváltás társadalomtudományi aspektusaira igyekezett a figyelmet felhívni. Jelen kiadványunk az **ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékén** meghirdetett **Tervezés és stratégia az energiagazdálkodásban** című kurzus hallgatóinak aktív részvételével és az **INFORSE-Europe** szakmai támogatásával készült el. Kötetünk angol nyelvű alcíme is erre a nemzetközi együttműködésre utal, hiszen az INFORSE-Europe vezetésével vagy közreműködésével 2003 óta készülnek megújuló energiaforrásokra támaszkodó energia-forgatókönyvek, amelyek elnevezésében rendszeresen megjelenik a **Vision** kifejezés.



1. ábra: Munkacsoportunk néhány tagja 2011 februárjában

Magyarázatra szorul a címben szereplő „1.1” jelzés is. Bár a másfél év alatt a forgatókönyv egyes elemeinek számos változata elkészült – így például a szoftveres elemzés alapjául szolgáló excel táblázat esetében a 7.1-es verziót tekintjük „véglegesnek”, illetve egyes részterületek kapcsán néhány írásunk hazai és nemzetközi fórumokon is megjelent – munkánk első egységes, publikálható változatának ezt a kötetet gondoljuk (az 1.0 szoszámu változat nyomtatásban jelent meg, ez az 1.1 jelű verzió ennek javított változata). A vizsgált téma már önmagában is annyira szerteágazó, hogy annak minden részterületét olyan mélységben bemutatni, hogy az minden szerző és valamennyi olvasó igényét kielégítse, bizonyosan nem lehetséges. Tekinthetjük ezért ezt az anyagot akár egy vitaalapnak is. Egy olyan kiindulási pontnak, amelynek segítségével megkezdődhet a legszélesebb értelemben vett „érelkelt csoportok” egyfajta diskurzusa. Célunk, hogy maga a téma, vagyis a **megújuló energiaforrásokra alapozott energiagazdálkodás** egyáltalán megjelenjen a szakmai fórumokon. Eddig ugyanis ezt egy rövid mondattal söpörték le az asztalról, amely szerint ez az út hazánkban nem járható. Mi teljes bizonyossággal állítjuk, hogy éppen az az út nem járható, amin idáig haladtunk. Sokféle más út is volna, egy azonban bizonyos: a takarékoság, a hatékonyság növelése és a megújuló energiaforrások intenzív alkalmazása nélkül nem fogunk messzire jutni. Itt az ideje, hogy eldöntsük, hogy melyik ösvényen haladunk tovább. Mi az egyiken elindultunk, hiszen a kötet szerzői a fentieket nem csak az elmélet szintjén vizsgálják, de – elemeiben vagy akár egészében is – a mindennapi életben is alkalmazzák. Ezért aztán az elméleti ismeretek mellett a sok gyakorlati tapasztalat birtokában bátran ki merjük jelteni, hogy az út errefelé vezet: **erre van előre!**

Ezúton is köszönöm az ösvények felkutatásában velünk tartó minden résztvevő fáradságos és kitaró munkáját!

dr. Munkácsy Béla
szerkesztő

Felhasznált irodalom:

Altamonte, H. et al. (2003): Sostenibilidad Energética En América Latina Y El Caribe: El Aporte De Las Fuentes Renovables. ECLAC/GTZ project, 80 p. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/13319/Lcl.1966e.pdf>

Droege, P. [szerk.] (2009): 100% Renewable – Energy Autonomy in Action. Earthscan. 326 p.

Lund, H. - Østergaard, P.A. (2008): Sustainable Towns: the case of Frederikshavn aiming at 100 per cent Renewable Energy. 14 p.

A kötet elkészítésében közreműködtek:

Baros Zoltán

végzettség: Geográfus (Debreceni Egyetem TTK tájvédő valamint terület- és településfejlesztő)
energiatervezés tanulmányok: Oslo-i Egyetem

munkahely: Károly Róbert Főiskola, Agrárinformatikai és Vidékfejlesztési Intézet, adjunktus
Debreceni Egyetem TTK Földtudományok Doktori Iskola, PhD-hallgató

Budai Edina

végzettség: Földtudományi BSc (ELTE TTK - geográfus szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc-hallgató - táj- és környezetkutató szakirány

Csoma Dániel

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - terület- és településfejlesztő szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc-hallgató - terület- és településfejlesztő szakirány

Csoma Tamás

munkahely: ELTE TTK Földrajz BSc-hallgató - terület és településfejlesztő szakirány

Daróczi Henriett

végzettség: okleveles környezetkutató (ELTE TTK - környezetfizika szakirány)

munkahely: ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, PhD-hallgató

dr. Gál Anita (PhD)

végzettség: okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök (Szent István Egyetem)

Soil and Land Use MSc (Purdue Egyetem, USA)

a környezettudományok doktora (Szent István Egyetem)

munkahely: Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Talajtani és Agrokémiai Tanszék, egyetemi adjunktus

Győre Ágnes

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - terület- és településfejlesztő szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc-hallgató - terület- és településfejlesztő szakirány

Harmat Ádám

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - terület- és településfejlesztő szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc-hallgató - terület- és településfejlesztő szakirány

Kneip Zsuzsanna

végzettség: okleveles környezetkutató (ELTE TTK - földtudomány szakirány)

Kovács Krisztina

munkahely: ELTE TTK Földrajz BSc-hallgató környezetföldrajz szakirány

Krassován Krisztina

végzettség: biológia-környezettan szakos tanár (ELTE TTK)

munkahely: Pannon Egyetem, Kémiai és Környezettudományi Doktori Iskola, PhD-hallgató

Leidinger Dániel

végzettség: okleveles geográfus (ELTE TTK)

munkahely: ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Doktori Iskola, PhD-hallgató

Miklós György

munkahely: ELTE TTK Környezettudomány szakos hallgató - földtudomány szakirány

dr. Munkácsy Béla (PhD)

végzettség: okleveles környezetmenedzser (BME környezetvédelmi szakmérnök képzés)

földrajz és biológia szakos tanár (ELTE TTK)

energiatervezés tanulmányok: Oslo Egyetem

PhD-fokozat a földtudományokban (ELTE TTK)

munkahely: ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, adjunktus

Nádor Judit

végzettség: okleveles környezetkutató (ELTE TTK - környeztfizika szakirány)

Németh Livia

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - környeztföldrajz szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus Msc -hallgató - táj- és környezetkutató szakirány

Nyeste András

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - regionális elemző szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc-hallgató - regionális elemző szakirány

Olesen, Gunnar Boye

végzettség: Master of Science in Mechanical Engineering (Danish Technical University)

Solar Energy Consultant (The Danish Association of Solar Energy Consultants)

munkahely: INFORSE-Europe (koordinátor)

The Danish Organisation for Renewable Energy (European Coordinator, Researcher on EU and international issues)

Pantanjali, Anand

munkahely: Brandenburgische Technische Universität, Cottbus, Németország – International Master Programme on Power Engineering, Sustainable Energy Supply

Sáfián Fanni

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - környeztföldrajz szakirány)

energiatervezés tanulmányok: Aalborgi Egyetem (Dánia)

munkahely: ELTE TTK Geográfus Msc-hallgató - táj- és környezetkutató szakirány

Szabó Dániel

végzettség: Földrajz BSc (ELTE TTK - regionális elemző szakirány)

munkahely: ELTE TTK Geográfus MSc -hallgató - regionális elemző szakirány

Szuhi Attila

végzettség: Geográfus MSc (ELTE TTK - környeztföldrajz és hidrológia szakirány)

munkahely: ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Doktori Iskola, PhD-hallgató

Waltner István

végzettség: okleveles környezetmérnök (Szent István Egyetem)

Land Management MSc (Cranfield University, Anglia)

munkahely: SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék Vízgazdálkodási Csoport, tanszéki mérnök

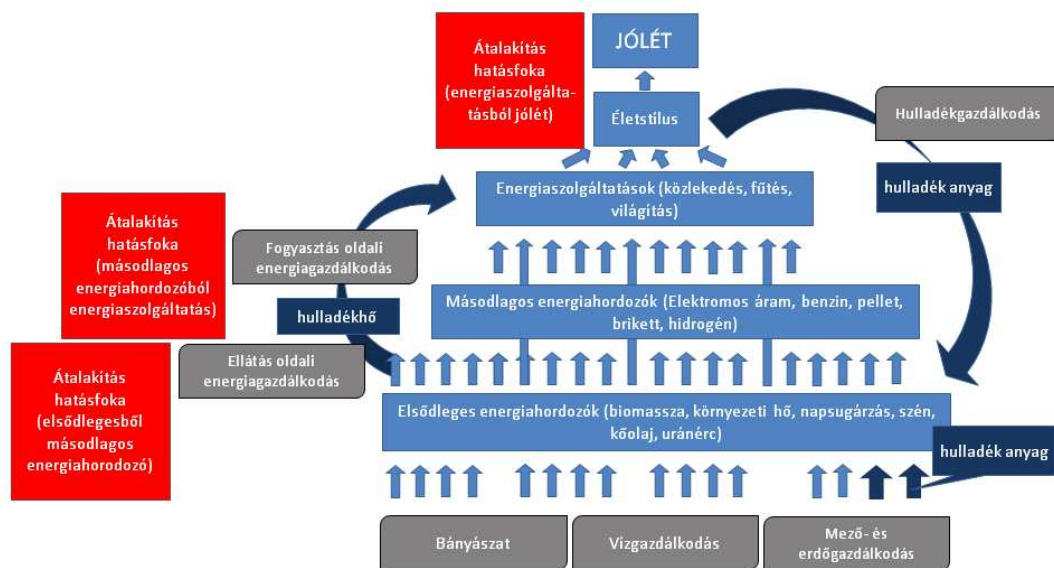


Gunnar Boye Olesen (INFORSE) és munkacsoportunk néhány tagja a projekt kezdetekor

1. A 100%-ban megújuló energiára alapozott energiatervezés (Munkácsy Béla)

Amint az a különféle tudományterületek legújabb kutatási dokumentumainak nyomán kirajzolódik, az egyre szennyezettebb környezetben élő, egyre gyarapodó létszámú emberiségnek energiaügyekben nincsen más választása, mint a radikális irányváltás. Olyan új megoldásokat kell keresnünk, amelyek a korábbiaknál lényegesen **környezetkímélőbbek**, ugyanakkor **olcsóbbak** is – vagyis igénybevételük során a pénzügyi és szociális körülmények kevésbé meghatározók. A környezetgazdaságtanban kevésbé járatos nagy többség számára talán meglepő lehet a kijelentés, de ezek a jellemzők – minden, így a közvetetten jelentkező tényezőket figyelembe véve – a megújuló energiaforrások alkalmazásainak esetében állnak fenn.

Igen lényeges szemléletbeli váltás szükséges azonban a sikeres váltáshoz: az energiatervezésben sokkal nagyobb és összetettebb rendszerben kell gondolkodni, mint eddig. A szűk értelemben vett energiaipari területről kimerészkedve a vizsgálódás tárgyává – és a gyakorlati megvalósítás részesévé – kell tenni a környezetgazdálkodás szinte minden más elemét, így a hulladék-, az erdő-, a mezőgazdálkodást, sőt a társadalomtudományok egy jó részét is.



2. ábra: Az energialánc és tágabb kapcsolatrendszere

Ezt a holisztikus megközelítést mutatja be az 2. ábra az **energiáláncnak** egy olyan újszerű ábrázolásával, amely feltárja az energiagazdálkodás szélesebb kapcsolatrendszerét is. Nørgaard, J. (1998) koncepciójával egyetértve úgy véljük, hogy az energialánc folyamatait végeredményben egy nehezen megragadható, ugyanakkor kulcsfontosságú tényező, a **jólét** (illetve az erről alkotott képünk) és az ennek elérésére irányuló **életstílus** határozza meg. Az energialánc minden korábbi lépése ezekre vezethető vissza, ezek határozzák meg, hogy mennyi energiát használunk fel és sok esetben még azt is, hogy milyen forrásból származik ez az energia. Ebből következően

nem tudunk olyan korrekt energiatervezési folyamatot elképzelni, amely ne venne tudomást erről az alapvetően társadalomtudományi összefüggésről. Az energiafogyasztás mértéke és jellege tehát – véleményünk szerint – nagy mértékben befolyásolható a jólétről alkotott fogalmaink formálásával. Ebben meghatározó az oktatás-nevelés feladata, de a jövőben sokkal nagyobb szerepet kell szánni az egyéb véleményformáló technikáknak, médiumoknak is. Ez utóbbiak a nap 24 órájában alakítják világról alkotott képünket, jelenleg éppen egy tragikusán káros irányba. Ma szinte elvárás, hogy az ember minél nagyobb autóval közlekedjen, a tengeren túlra járjon nyaralni és telelni, hatalmas televízióval, hűtőszekrényvel szerelje fel háztartását. Az átlagemberek kényszere-sen igyekeznek ezeknek az elvárásoknak megfelelni – miközben fel sem fogják, hogy ez az út a környezeti ka-tasztrófa felé vezet. Bizonyosan a környezeti katasztrófa felé, hiszen mindez egyre több energiahordozó fel-használásával és ezzel együtt egyre nagyobb környezetterheléssel jár. Aggasztó, hogy mindez a jelenleg domi-náns fogyasztói társadalomnak egyenesen lételeme, hajtóereje. A folyamat a háttérben a profitorientált cégek érdekei állnak: ezek vásárolnak műsoridőt, sőt egyre gyakrabban akár magát a médiumot is, így igyekezvén formálni gondolkodásmódunkat, világképünket. A növekedésorientált fogyasztói társadalomban kevés esély van ennek a szisztémának a megváltoztatására – de ebben az esetben ugyanígy kevés esély van a nyilvánvaló következmények elkerülésére is. Valójában tehát sokkal többről van kötetünkben szó, mint az energiagazdál-kodás egyszerű reformjáról: egy lényegesen bonyolultabb, rendszerszintű probléma megoldása a feladat.

Ezt támasztják alá azok a kutatások is, amelyek azt igazolják, hogy a fogyasztás mai szintjét nem csak a jelenlegi energiaforrások nem képesek fedezni, de **a megújuló energiaforrások potenciáljai is csak szerényebb igények kielégítésére elegendők** (pl. MacKay, D. 2009). Azt is le kell szögeznünk, hogy **az a tény, hogy egy energiafor-rást megújulónak tekintünk, önmagában még nem jelenti azt, hogy ennek alkalmazása minden körülmények között fenntarthatónak tekinthető**, vagyis a súlyos környezetkárosítás elkerülése érdekében ezek esetében is körültekintő területi- és energiatervezésre van szükség. Az 2. ábra ebből a szempontból is többet mutat meg a valóságban lejátszódó folyamatokból, mint a hagyományos energialánc. Láthatóvá teszi ugyanis az energiagaz-dálkodás kapcsolódási pontjait, amelyek révén a környezetgazdálkodás többi eleméhez illeszkedik. Ezt azért tartjuk megkerülhetetlennek, mert véleményünk szerint egy adott földrajzi térben csak ilyen holisztikus megkö-zelítés eredményezhet fenntartható gazdálkodást. Az energiagazdálkodási vagy akár a hulladékgazdálkodási folyamatok tervezőjének – hatékony és környezeti szempontból is elfogadható megoldások kialakítása érdeké-ben – tisztában kell lennie a kapcsolódó szakterületek kínálta lehetőségekkel. Megítélésünk szerint tehát ilyen esetekben ma már olyan csapatmunkára van szükség, ahol az energiatervezésben hulladékgazdálkodók, mező-és erdőgazdálkodók is helyet kapnak. Példaként vegyük az energetikai célú biogáz-termelés problémakörét (amely kiemelt szerepet kap majd forgatókönyvünkben). Ez bizonyosan olyan terület, amelyet a koncepciónk alapján kizárólag holisztikus módon szabad megközelíteni, vagyis azt szem előtt tartva, hogy a társadalom számára a nagy mennyiségben keletkező szerves hulladékok ártalmatlanítása egyre nehezebben és költsége-sebben megoldható feladat – miközben ennek kezelésére a biogáz-technológia olyan megoldást nyújthatna, ami ráadásul az energiatermelés és a talajerő-utánpótlás szempontjából is előnyökkel jár. Ebből a megfonto-lásból a biogáz-termelést olyan hulladékalapú energetikai megoldásként értelmezzük, ahol egy adott – megle-hetősen szűk – földrajzi térben a termelő tevékenységek (pl. állattartás) során keletkező hulladékok és a tele-pülési szilárd és folyékony hulladékok felhasználásával hozzuk létre az energiahordozót. Ehhez tehát ismerni kell az ebben **a térben lejátszódó anyag- és energiaáramlás** jellegét, mennyiségi mutatóit, vagyis a termelési folyamatokat és az ennek során képződő hulladékok mennyiségét és minőségét, illetve tisztában kell lenni a kommunális szektorban történő hulladékkezelés törvényszerűségeivel is. Nem fogadható tehát el napjaink azon gyakorlata, amelyben a befektető – fittyet hányva az adott földrajzi térben jelentkező anyagáramlásokra, így például konkrétan az adott település hulladékgazdálkodási problémáira – energetikai ültetvényeket hoz létre, hogy ilyen módon biztosítsa a számára szükséges biomassza-mennyiséget. Ez tipikusan egy olyan energia-tervezési gyakorlat, ahol kizárólag energetikai területen jártas szakértők a fenti meglehetősen komplex össze-

függések ismeretének hiányában hoznak olyan évtizedekre meghatározó döntéseket, amelyekkel más környezetgazdálkodási területek számára kifejezetten komoly károkat okoznak.

A komplexebb, kifejezetten megújuló energiaforrásokra építő energiastratégiák kidolgozása az 1970-es években főként az olajválság kirobbanásához kapcsolódóan kezdődött meg, és ezekben már határozottan megjelentek a környezetvédelmi szempontok is (Johansson, B. T. – Steen, P. 1977, ALTER 1978). Bár számos kutató az energiaipar környezetterhelésének néhány elemét már az 1970-es évek elején világosan behatárolta (Eliassen, R. 1971), a szén-dioxid kibocsátásából fakadó klímaváltozás ellenszereként csak az utóbbi évtizedben születtek efféle forgatókönyvek.

Az ebben a témakörben folyó európai kutatások tanulságait igyekeznek elemezni a **Low Carbon Societies Network** szakértői, miközben a szervezet internetes honlapján a különféle projektek kutatási dokumentációit is összegyűjtik, így egy egyedülálló, mindenki számára hozzáférhető adatbázist hoznak létre. Kötetünk jelen fejezetében ezek közül a külföldi példák közül mutatunk be néhány jól kidolgozott anyagot. Az első részben brit és dán dokumentumok segítségével a 100%-ban megújuló energiaforrásokra alapozott energia-forgatókönyvek világába kívánunk bepillantást nyújtani. A második részben pedig ezeknek kormányzati tervekbe, stratégiákba való beépülését mutatjuk be néhány példán keresztül.

Felhasznált irodalom:

ALTER/Le Groupe de Bellevue (1978): A study of a long-term energy future for France based on 100% renewable energies. Reprinted in The Yearbook of Renewable Energies 1995/96 (1995). London: James and James

Eliassen, R. (1971): Power Generation and the Environment. Bulletin of the Atomic Scientists 27. 7. pp. 37-42.

Johansson, T. B. - Steen, P. (1979): Solar Sweden: an outline to a renewable energy system. Stockholm, Secretariat for Future Studies

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy — without the hot air. UIT, Cambridge, 383 p.

Nørgaard, J (1998): Sustainable Energy Future - Nordic Perspective. Keynote at workshop „Sustainable and Peaceful Energy Future in Asia”, 28. - 30. September 1998, Seoul

1.1 A Zero Carbon Britain – a fenntartható energia-forgatókönyvek brit példája (Munkácsy Béla – Németh Livia – Szuhi Attila)

A walesi székhelyű kutatóközpont, a **Centre for Alternative Technology** (CAT) nemcsak a brit energiatervezés egyik fellelőjére, de a **Wales Institute for Sustainable Education** (WISE) révén komoly oktatási-nevelési tevékenységet is folytat. Az intézet 1994 óta MSc- és PhD-szintű egyetemi kurzusokat kínál a East London Egyetemmel együttműködésben. Az itt folyó kiemelkedő színvonalú oktatómunkát ismerték el 2011-ben az Ashden Award for Training in Sustainable Technologies cím odaítélésével. Talán ennél is többet árul el a szervezetről,

hogy az elméleti ismereteket a gyakorlatban alkalmazva egy energetikai értelemben teljesen autonóm, helyi építőanyagokból megépített épületkomplexumot üzemeltetnek, miközben a létesítmény a legmagasabb szintű igényeket is kielégíti.

A walesi kutatócsoport első ízben **1977**-ben publikált forradalmi szemléletű alternatív energiastratégiát az Egyesült Királyság számára (Todd, R. W. – Alty, C. J. 1977 [szerk.]). Ebben a dokumentumban már akkor felhívták a figyelmet arra, hogy – a közvélekedéssel ellentétben – **nincsen összefüggés az emberi boldogság mértéke és az elfogyasztott energia mennyisége között!** Erre alapozva fogalmaztak meg forradalmi célként az elsődleges energiahordozók felhasználásában az 1975 és 2025 közötti 50 esztendő időszakra vonatkozóan mintegy 20%-os csökkentést. Megközelítésük még napjainkban is radikálisnak tűnik, noha már ebben a korai jelentésben hangsúlyozták, hogy a fenti csökkenés az életszínvonalra, az egy főre jutó energiaszolgáltatások mértékére nem volna hátrányos hatással – köszönhetően annak, hogy a csökkentést kizárólag az energetikai hatékonyság növelésére alapozták.

Az alternatív és az új energiastratégia

A 2007-ben **Zero Carbon Britain – an alternative energy strategy** címmel megjelentetett 108 oldalas forgatókönyv (Foxon, F. [szerk.] 2007) még tovább merészkedett, hiszen 2030-ra lényegében egy nulla karbonkibocsátású jövőképet és az odáig vezető utat vázolta fel. A folytatás, pontosabban a 2007. évi anyag továbbfejlesztett változata 2010 nyarán került napvilágra a **Zero Carbon Britain 2030 – a new energy strategy** (továbbiakban ZCB), s ebben már olyan szempontokat is vizsgáltak és bemutattak, mint például a tájhasználat változásának szerepe, vagy a nukleáris energia esetleges teljes kiküszöbölése a rendszerből. A mintegy 50 kutató által jegyzett, az előző változathoz képest sok tekintetben korszerűsített és kiegészített 384 oldalas dokumentum hat nagyobb fejezetre tagolódik:

1. *Tágabb összefüggések (klímatudomány; energiabiztonság; méltányosság)*
2. *A fogyasztás és kibocsátás 50%-os csökkentésének lehetőségei (az épített környezet; a közlekedés; motiváció és viselkedésbeli változások)*
3. *A területhasználatban szükséges változások (a mezőgazdaság szerepe az energiaellátásban)*
4. *Energiaellátás (megújuló energiaforrások; elosztott villamosenergia-termelés és a mikrohálózatok)*
5. *Keretrendszer (politika és gazdaság; foglalkoztatás)*
6. *Következtetések*

A ZCB már a bevezető gondolatok között felhívja a figyelmet arra, hogy a régóta iparosodott országok a fosszilis tüzelőanyagok elégetésének köszönhetően az elmúlt évszázadokban hatalmas vagyonra tettek szert, grandiózus infrastruktúrát alakítottak ki, és napjainkban leginkább ezeknek az országoknak van elegendő tőkéjük ahhoz, hogy alacsony CO₂-kibocsátású technológiákat fejlesszenek ki és alkalmazzanak. A szerzők arra is ráirányítják a figyelmet, hogy bár az éghajlatváltozásért a legnagyobb felelősség ezeket az országokat terheli, a káros következmények nagyobb részét mégsem az ebben a földrajzi térségben élők fogják elszenvedni. A fentiek miatt az iparosodott országok kötelessége mihamarabb és elsőként radikális lépéseket tenni a felhalmozódott problémák rendezése érdekében. A kutatók erre való hivatkozással javasolják, hogy az Egyesült Királyság minél előbb dolgozzon ki egy forgatókönyvet, amely **az energiaszektorban (a közlekedést is beleértve) a CO₂-kibocsátás minél hamarabb történő 100%-os csökkentését** célozza – a ZCB ennek megvalósíthatóságát **2030-ra** teszi. Erre az időpontra tehát a kutatócsoport elérhetőnek véli az energiarendszer átalállítását megújuló energiaforrásokra, miközben – a hatékonyság növelésének eredményeképpen – **a teljes energiafelhasználás 55%-kal csökken, a villamosenergia-felhasználás mértéke viszont kétszeresére nő.**

A mielőbbi irányváltás szükségességét jelzi, hogy Egyesült Királyság 2005-ben – oly sok év után – ismét nettó energia importőr lett. Ennek oka, hogy az északi-tengeri olaj- és gázkitermelés az 1999. és 2000. évi csúcsot követően visszaesett, és azóta – főként a gázkitermelés – radikális csökkenést mutat.

Jelen fejezet további részeiben a dokumentum néhány olyan fontosabb megállapítását foglaljuk össze, amely alapján képet kaphatunk az egész koncepció szellemiségéről, megközelítésmódjáról.

Az éghajlat és az épített környezet kapcsolata

A forгатatókönyv szerzői célértékként a **70%-os megtakarítást tartanak elérendőnek 2030-ig a háztartások fűtésienergia-felhasználásában**. Aláhúzzák, hogy az épített környezet az egyik legfontosabb célterületét kell képezze a brit energiapolitikának, ugyanis az Egyesült Királyságban a CO₂-emisszió 44%-a az épületek üzemeltetéséből ered, tehát a nemzeti kibocsátás jelentősen csökkenhetne az épületek fejlesztésének és korszerűsítésének eredményeképpen. A szigetországban jelenleg mintegy 24 millió épület található, és a kalkulációk szerint 2050-ben ezek 87%-a még mindig állni fog. Mivel ezen lakások energiafogyasztása messze meghaladja az elfogadható szintet, ezért itt komoly lépésekre van szükség és lehetőség. Azonban felmerülhet a kérdés: vajon a bontással vagy a felújítással spórolhatunk meg több pénzt és CO₂-kibocsátást. A ZCB szerzői egyértelműen a felújítás mellett érvelnek – azokra a kalkulációkra hivatkozva, amelyek szerint a meglévő lakások utólagos korszerűsítésével az Egyesült Királyság 2050-ig **tizenötször több CO₂-ot** tudna megspórolni, mintha teljesen új lakásokat építene. Ugyancsak fontos volna, hogy a felhasznált építőanyagok esetében alapvető elvárásként jelenjen meg például a gyártáshoz kapcsolódó alacsony energiaigény. Az is lényeges felvetése ennek a fejezetnek, hogy egy ideálisnak vélt szobahőmérséklet helyett egy ún. **hőkomfort** elérését tartja elérendőnek, ami korszerű tervezés esetén akár az ideálisnak tekintett értéknél alacsonyabb hőmérséklettel is elérhető.

A közlekedés, mint a brit klímavédelem egyik fő célterülete

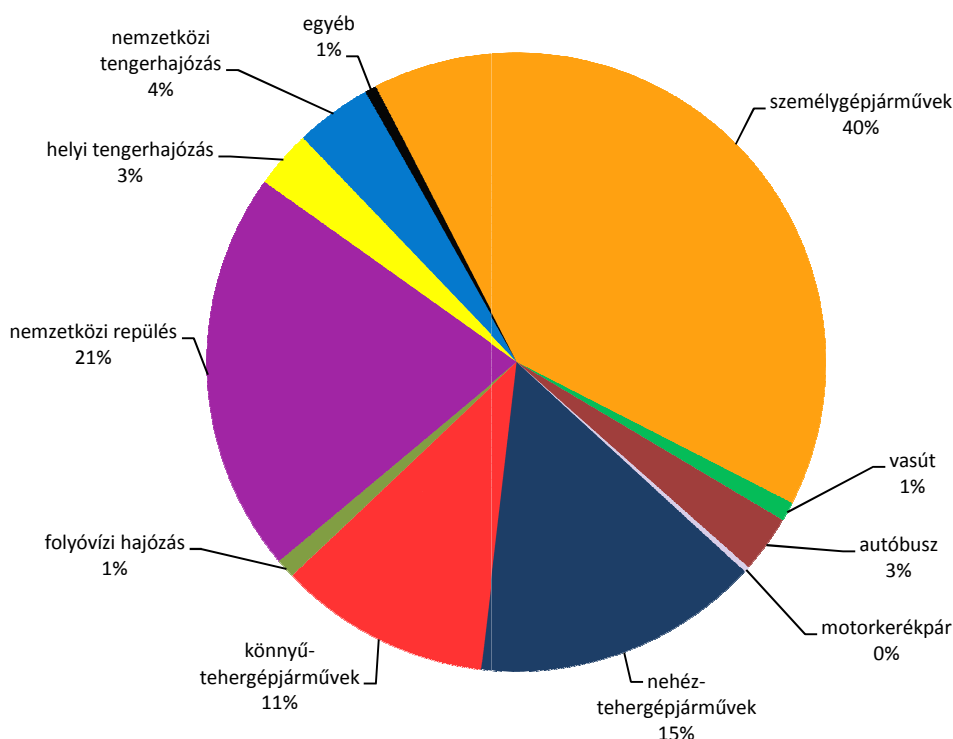
Az Egyesült Királyságban a közlekedés az egyetlen olyan szektor, ahol a CO₂-kibocsátás folyamatosan növekedik a Kiotói Jegyzőkönyv aláírása óta. Napjainkban a közlekedési szektor évi 130 millió tonna CO₂-t bocsát ki (házánk esetében ugyanez az érték 12-13 millió t volt 2007-ben [KSH, 2010], vagyis 1 főre vetítve ők 2,1 t/fő, míg mi 1,3 t/fő közlekedési eredetű emissziót produkáltunk). Ha ehhez a nemzetközi repülő- és hajójáratok kibocsátását is hozzáadjuk, akkor ez az érték 43 millió tonnával megemelkedik. Jelentőségét érzékelteti, hogy jelenleg az ország teljes üvegházgáz-kibocsátásának 29%-a kapcsolódik a szektorhoz, ezen belül is elsősorban a személygépkocsi-állományhoz, amely ennek a kibocsátásnak 40%-át adja (3. ábra **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). Az autóhasználat esetében igen lényeges megállapítás, hogy az utazásoknak kb. 70%-a 8 km-en belüli távra korlátozódik – vagyis könnyen kiváltható volna más megoldásokkal.

Az előrejelzések szerint a jövőben a közlekedés terén az igény egyre inkább növekvő tendenciát fog mutatni, így például az Eddington Közlekedési Tanulmány szerint 2003 és 2025 között 28%-kal fog emelkedni a személygépkocsikkal megtett utaskilométerek száma (Eddington, R. 2006). A legdinamikusabb növekedést mégis a **légiközlekedésben** várják, ahol 2030-ra a megtett utaskilométerek megduplázódására számítanak (a 2007-es szinthez képest). Ez azért is súlyos problémát jelent az éghajlatváltozás elleni küzdelemben, mert ez az egyetlen közlekedési ágazat, ahol a ZCB szakértői szerint a dekarbonizáció technológiai lehetőségei korlátozottak.

A megoldások kapcsán elsősorban az energiahatékonyság fokozásának és a takarékoságnak a kombinációjára (súlycsökkentés; alacsony gördülési ellenállású gumiabroncsok; aerodinamikai fejlesztések) és az **új üzemanyagok** elterjedésére kellene fókuszálni, de lényeges szerepet szánnak a **közlekedési szokások átalakításának**, így például a közös autóhasználat, a közösségi közlekedés, valamint a gyaloglás és kerékpározás térnyerésének. Lényeges kiemelni, hogy a ZCB által a közlekedési kibocsátások csökkentésére javasolt megoldások jelentős hányada nem is kifejezetten a közlekedési szektorhoz kapcsolódik, hiszen igen fontosnak vélik például az olyan, elsősorban **településfejlesztéssel** kapcsolatos beavatkozásokat, amelyek révén radikálisan csökkenthető maga a közlekedés.

A szerzők szerint a **villamos áram** a közlekedési szektor legdominánsabb üzemanyaga lehet a jövőben, ezáltal jelentősége még inkább felértékelődik. Ennek oka, hogy az elektromos járművek alkalmazása (a mintegy négy-

szeres energiahatékonyság következtében) még a jelenlegi energiamixet figyelembe véve is 50%-os csökkenést eredményez a széndioxid-kibocsátásban. A jövőben – amikor majd fokozatosan csökken a fosszilis energiaforrások felhasználása – ez a kibocsátáscsökkentés lényegesen magasabb is lehet. Egy másik fontos érv az, hogy az elektromos autók üzembe állításával megkönnyíthető a megújuló energiaforrások hálózatba integrálása, hiszen az akkumulátorok töltési időpontja – tekintve, hogy a járművek naponta átlagosan 23 órán keresztül állnak – az energiarendszer igényei szerint időzíthető. A ZCB szerint – szemben a később tárgyalandó dán projektekkel – a **V2G-konceptió** (amelyben az akkumulátoros autók szükség esetén villamos áramot biztosítanak a hálózatnak – vehicle-to-grid) elterjedésére nem számíthatunk, mivel ez a megoldás jelentősen rövidítené a várhatóan továbbra is drága akkumulátorok életidejét, ugyanakkor az autós számára gazdasági értelemben sem volna egyértelműen előnyös.



3. ábra: A brit közlekedési szektor egyes elemeinek szén-dioxid-kibocsátása 2006-ban

A tanulmány újszerű megállapítása, hogy a villamos áramnak a kerékpárforgalom növelésében is fontos szerepe lehetne, hiszen egy felmérés szerint a csapadékos szigetországban az elektromos kerékpárral rendelkezők az átlag-kerékpárosnál tízszer nagyobb távolságot, évi 1200 km-t tesznek meg biciklijükkel (Guthrie, N. 2001).

A **hidrogén** is alkalmazható a fosszilis eredetű üzemanyagok helyettesítésére, ám a ZCB szerint előre láthatólag csak a nehéz tehergépjárművek és buszok üzemeltetése kapcsán fog szélesebb körben elterjedni. A **bioüzemanyagok** tekintetében a szerzők visszafogottak, amit részben termelésük nagy terület- és vízigényével, illetve a területigényből fakadó erdőirtásokkal, végső soron a karbon-háztartásra gyakorolt számos kedvezőtlen hatással magyaráznak.

Powerup, avagy az energiatermelés átalakítása

Az energiaigények 55%-os mérséklése ugyan kulcsfontosságú eleme a forgatókönyvnek, de a fennmaradó energiamennyiség még mindig hatalmas mennyiségű, pusztán megújuló energiaforrásokból történő kielégítése még a különösen kedvező adottságú Egyesült Királyság számára is komoly kihívás. A ZCB alkotói alapvetően a tenger segítségére számítanak, hiszen a koncepció központi eleme az **tengeri (offshore) szélturbinák** alkalmazása, amelyek a **villamosenergia-termelésnek csaknem 75%-át** – sőt, a szárazföldi telepítésű szélturbinákkal együtt mintegy 80%-át – biztosítják majd 2030-ban. Ehhez járul az elképzelések szerint további kb. 10%-kal a hullám- és árapály-erőművek által termelt árammennyiség. Ez utóbbi érték alatt marad a biomassza és fotovillamos eredetű villamos energia.

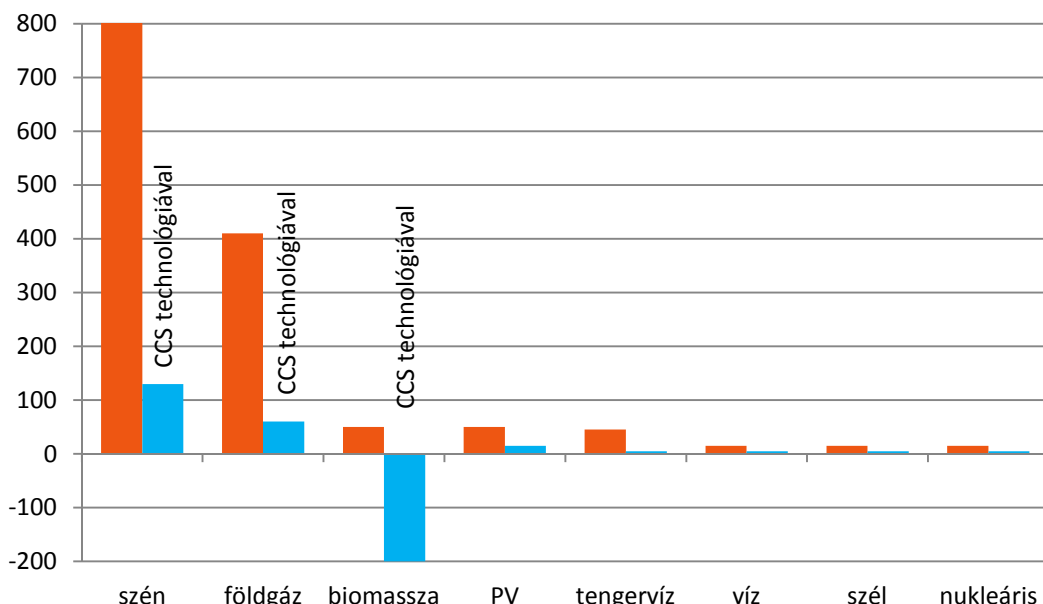
A ZCB készítői a **hőenergia előállításában is különösen nagy szerepet – 72% körüli részarányt – szánnak a villamos áramnak!** Az értékes elektromos áramot hő előállítására felhasználni általában nem célszerű, **hőszivattyúk** működtetésére azonban mégis jó választásnak tartják. Ennek egyik oka, hogy ezáltal lehetővé válik a **környezeti hő** kinyerése, a másik oka, hogy így a szél erőművek pillanatnyi teljesítményéhez igazodva jelentkezik a villamosáram-igény egy jó része – különösen, hogy a hőszivattyúk a háztartásokban 54%-ában lennének felelősek a szükséges hőenergia biztosításáért. Érdekes, hogy ugyancsak jelentős, 29%-os részarányt tesz ki a ZCB szerzőinek elképzelésében az egyszerű **villanyfűtés**, amely egy lényegesen kevésbé hatékony megoldás, ám ugyancsak a szélturbinák rendszerbe integrálását segítheti.

A szén-dioxid leválasztásának és tárolásának (CCS) illetve az atomenergia alkalmazásának megítélése

Két olyan különösen aktuális témakör is megjelenik a dokumentumban, amely megosztja az energiagazdálkodásban érintett szakembereket, az egyik a szén-dioxid leválasztásának és tárolásának problematikája, a másik az atomenergia.

Az előbbi kapcsán látni kell, hogy a Zero Carbon Britain 2030 kutatói elsősorban **nem a CCS-technológiában látják a jövőt.** Egyik érvük a CCS széleskörű alkalmazása ellen a technológia kezdetleges, kiforratlan mivolta, vagyis az a tény, hogy ennek 10 éven belüli széleskörű alkalmazására csak nagyon kis esély van. A másik indok az, hogy azok a megoldások, amelyekhez a CCS-technológia illeszthető, még mindig jóval nagyobb környezeti terheléssel járnak (bányászat; felszín alatti vízrendszer megzavarása, szennyezése; egyéb légszennyezés), mint a megújuló energiaforrások alkalmazása. Mindezen negatívumok ellenére azonban a Zero Carbon 2030 kutatói nem zárkoznak el teljes mértékben a CCS technológia alkalmazásától. A biomassza esetében kifejezetten támogatnák az alkalmazását, hiszen így a szén-dioxid-kibocsátás negatív értéket érhet el (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**).

Az atomenergia kapcsán ennél sarkosabb a kutatócsoport véleménye, hiszen **a ZCB 2030 az atomenergiát az Egyesült Királyság jövőbeni energiatermeléséből teljes mértékben kizárja.** Ennek állításuk szerint két fő oka van. Az egyik a radioaktív hulladék gazdaságos és környezetkímélő lerakásának, tárolásának megoldatlansága. A másik ok a balesetek kockázata, melyek felbecsülhetetlen károkat okoznak az élő és élettelen környezeti elemekben (Kemp, M. [szerk.] 2010) – itt lényeges emlékeztetni arra, hogy a ZCB 2030 csaknem egy évvel a fukushimai atomkatasztrófa bekövetkezése előtt jelent meg, ám ennek ellenére a kutatócsoport már ezt a határozott álláspontot képviselte.



4. ábra: Az egyes energiatermelő technológiákhoz kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátások (forrás: Kemp, M. [szerk.] 2010)

Társadalmi szerepvállalás az elkerülhetetlen szemléletváltás tükrében

A korszerű energiatervezésben felismerik a társadalom szerepét, mint óriási potenciált a klímaváltozás elleni küzdelemben. A különféle társadalmi csoportok motiválásában az egyik kézenfekvő megoldás a szabályozás. A jogi és gazdasági eszközök azonban nem képesek minden tekintetben megváltoztatni az emberek hozzáállását, ezért nagyon fontos feladat az oktatás-képzés fejlesztése, de a különböző marketingtechnikák alkalmazásának is lényeges szerepet szánunk. A tanulmányban egyfelől igen körültekintően igyekeznek feltárni azokat a főként pszichés tényezőket, amelyek jelenleg akadályozzák az egyéneket a szükséges változások megtételében, másfelől meghatározzák a kitörés és továbblépés lehetőségeit is. Ez utóbbi vonatkozásában négy lényeges pontot definiálnak: a) „képessé tétel” mind a szükséges ismeretek, mind pedig a szükséges eszközök elérhetősége terén; b) a szabályozók irányából érkező „támogatás”, amely segíti a szükséges viselkedésminták terjedését; c) egyfajta elkötelezettség kialakítása, amely folyamatban kulcsszerepet kap a célzott kommunikáció; d) példamutatás az államapparátus és a helyi döntéshozók részéről.

Politikai és gazdasági keretek

A ZCB szerzői szerint a klímaváltozás elleni küzdelemben szükséges egy új politikai és gazdasági keretrendszer kidolgozása és alkalmazása. Rövid- és középtávon a regionális és nemzeti stratégiák kidolgozása és következetes végrehajtása hozhat eredményt. Nagy lehetőségek vannak például a szén-dioxid-kibocsátás valós költségeinek a fogyasztói árakban történő megjelenítésének. A politikai tényezőt a szerzők sokadlagosnak tekintik – úgy vélekednek ugyanis, hogy ez a körülmények függvényében igen gyorsan változhat. A fukushimai atomerőmű-katasztrófa kapcsán bekövetkező irányváltás pedig határozottan igazolni látszik ezt a feltételezést – noha a baleset éppen az Egyesült Királyságban nem hozott politikai irányváltást. Ugyanakkor a szerzők szerint az olaj-hozam-csúcs és az ezzel párhuzamosan növekvő igények következtében törvényszerűen bekövetkező drasztikus

kus olajár-emelkedés például előidézheti azt a sokkot, amely a most még elképzelhetetlen változások végrehajtásához szükséges.

Felhasznált irodalom:

ALTER/Le Groupe de Bellevue (1978): A study of a long-term energy future for France based on 100% renewable energies. Reprinted in The Yearbook of Renewable Energies 1995/96 (1995). London: James and James

Eddington, R. (2006): The Eddington Transport Study – The case for action. 64 p.

Foxon, F. [szerk.] (2007): Zero Carbon Britain – an alternative energy strategy. Centre for Alternative Technology. 108 p.

Guthrie, N. (2001) “The New Generation of Private Vehicles in the UK: Should their use be encouraged and can they attract drivers of conventional cars?”, MSc thesis, University of Leeds.

Kemp, M. [szerk.] (2010): Zero Carbon Britain 2030 – a new energy strategy. Centre for Alternative Technology. 384 p.

KSH (2010): Környezeti helyzetkép 2008. Internetes kiadvány, 117 p.

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy — without the hot air. UIT, Cambridge, 383 p.

Todd, R. W. – Alty, C. J. [szerk.] (1977): An Alternative Energy Strategy for the United Kingdom. Centre for Alternative Technology. 43 p.

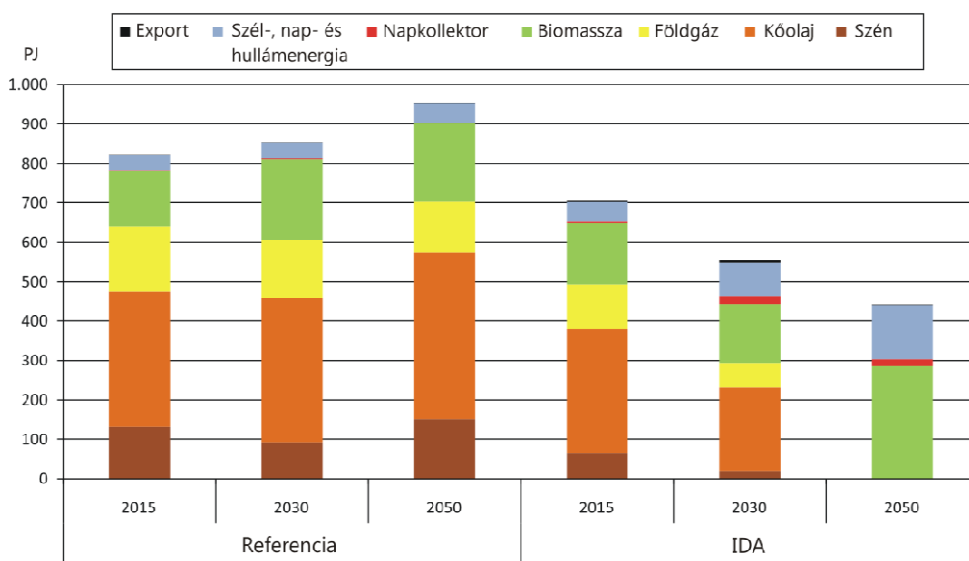
1.2 Dán energiasztratégiák 1. – a CEESA Projekt és a Dán Mérnökök Társaságának energiasztratégiája (Sáfián Fanni)

Dánia példájával azt mutathatjuk be, hogy az alternatívákat figyelembe vevő tervezés és szabályozás, az elhivatott és felkészült szakemberek, a nyitott és elkötelezett politikusok néhány évtized alatt hatalmas pozitív változásokat képesek elérni akár egy kilátástalan energetikai helyzetből kiindulva is. A jelenlegi állapotról érdemes tudni, hogy Dánia teljes energiafogyasztása 17%-ban megújuló forrásokból származik (Eurostat, 2011), a villamosenergia-termelés 24%-át szélerőművek biztosítják (EWEA, 2011) és nem működik atomerőmű az országban. Az egész világ párját ritkítja, hogy Dániában a háztartások 60%-át igen hatékonyan és olcsón üzemeltetett távfűtés látja el hőenergiával. Ugyanakkor aggasztó, hogy az ország ökológiai lábnyoma – vélhetően a széntüzelésű erőművek még mindig magas aránya miatt – nemzetközi szinten is kiugróan nagy számítás. Mindazonáltal az ország az Európai Unió egyetlen nettó energia exportőr állama és élen jár a megújuló technológiai és fenntartható megoldások kutatásában és exportjában. A következőkben két olyan energiasztratégiának a leglényegesebb vonásait vázoljuk fel, amelyek segítették a dán energiarendszer evolúcióját, így számos tanulsággal szolgálhatnak hazánkra nézve is.

A Dán Mérnökök Társaságának energia- és klímastratégiája

Az „Energia év 2006” keretében a **Dán Mérnökök Társasága (IDA)** – több mint 1600 mérnök és egyéb szakember) 40 konferencia és találkozó során alkotta meg Dánia **2030-ig szóló energiastratégiáját**. 2008 folyamán ezt a nemzetközi „Jövő Klímája” projekt keretében továbbfejlesztették, majd 2009-re összeállt a Dán Mérnökök Társaságának **klímaterve is, mely 2050-ig szól** (2015-ig rövidtávú és 2030-ig középtávú intézkedési javaslatokkal).

A stratégia zárt rendszerként kezeli a dán energiarendszert, vagyis kiindulási feltételként azt fogalmazza meg, hogy az energiatermelés és -fogyasztás egyensúlyban tartásához nem kereskedik a villamos energiával. Az egyes évek energiarendszereinek elemzéséhez az Aalborgi Egyetemen kidolgozott **EnergyPLAN** elnevezésű programot használták, amelynek segítségével óránkénti bontásban lehetséges szimulálni a villamos- és hőenergia termelését illetve fogyasztását, sőt akár a közlekedés energiafelhasználását is figyelembe lehet venni. Mindemellett többek között szabályozási stratégiák és a lehetséges piaci árak is betáplálhatók a rendszerbe.



5. ábra: Az elsődleges energiafogyasztás a referencia forgatókönyv (Dán Energia Hivatal) és az IDA klímaterve szerint (B. V. Mathiesen et al. 2009 ábrája alapján.)

A stratégia alapja és fő célja, hogy **jelentősen csökkentsék a felhasznált energiamennyiséget** mind az épületek működtetése, mind az ipar és a közlekedés területén. A 2030-ig előrettekintő energiastratégia 30%-os csökkenéssel számol, míg a 2050-ig szóló klímaterv iránymutatásai szerint 45%-kal lenne kisebb az ország energiafogyasztása ugyanazon bázisévhez képest (5. ábra). Mindezek a már létező technológiákkal és szabályozási eszközökkel elérhetők és lehetővé teszik a megújuló energiaforrások magas részesedését. Így 2050-re a dán energiarendszer – beleértve a közlekedést is – 100%-ban megújuló energiaforrásokon alapulhatna.

A stratégia négy átfogó célja a következő:

1. Az üvegházgázok kibocsátásának csökkentése 90%-kal 2050-ig;
2. Dánia energetikai önellátásának megőrzése;
3. Dánia pozíciójának megerősítése a klíma- és energiaszektorral kapcsolatos kereskedelem terén;
4. mindezek mellett a gazdaság (értsd: energetikával kapcsolatos új iparágak) és jólét növelése Dániában (Mathiesen, B. V. - Lund, H. - Karlsson, K. 2011).

A stratégia szerint tehát tovább növelnék a megújuló energiaforrások szerepét az elsődleges energiaellátáson belül. A jövőbeli dán villamosenergia-termelésnek **a szélerenergia lehet a motorja**, hiszen az IDA tervei szerint a jelenlegi termelés megduplázásával az áram **63%-át** adhatja. A biomassa 22%-át, az épületekbe integrált nap-elemek 9%-át biztosítják majd az áramfogyasztásnak, a nagy lehetőségek előtt álló hullámerőművek pedig – a technológia további fejlesztése és terjesztése nyomán – a kutatók számítása szerint további 5%-ban tudnak majd hozzájárulni a villamosenergia-igények kielégítéséhez (Bytoft, L. 2007) (Mathiesen, B. V. - Lund, H. Karlsson, K. 2011).

A megújuló energiaforrások növekvő hasznosításával a fosszilis energiahordozók felhasználását 60%-kal csökkenthetik **2030-ig**, ekkorra ennek és a hatékonyan működő energiarendszernek köszönhetően **Dánia CO₂-kibocsátása az 1990-es érték harmadára szorítható vissza. 2050-re** a terv szerint teljesen kiváltják a fosszilis üzemanyagok felhasználását, így **az energiaszektor kibocsátása nulla lesz**. Mivel más szektorok is bocsátanak ki üvegházgázokat, az ország teljes CO₂-kibocsátását a 2000-es szint 10,2%-ra tudnák csökkenteni 2050-re (Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. 2011).

A legjelentősebb energia-megtakarításokat illetve hatékonyságnövelést az ipartól és az üzleti szférától várják, hiszen itt a legkedvezőbbek a lehetőségek, így például általában itt a legrövidebb a beruházások megtérülési ideje. Az **ipar és a szolgáltató szektorok** villamosenergia-fogyasztását folyamatosan csökkentenék, 2050-re 45%-kal. Érdekes gondolat a **központi hűtés** bevezetése az előbb említett szektorok épületeiben, amellyel 2030-ig a tervezett 43%-os energiafelhasználás-csökkentés felét lehetne teljesíteni. Ugyanitt a folyékony tüzelőanyagok fogyasztását harmadával csökkentenék 2050-ig. Ez a hatékonyság növelése és a takarékoság mellett például ipari hőszivattyúk üzembe helyezésével érhető el – tekintve, hogy vidéki Dániában az olajtüzelés még mindig meglehetősen elterjedt.

Fontos feladat az **épületek** – mint a jelenlegi legnagyobb energiafogyasztók – energiaszükségletének csökkentése, ezért az ezt célzó lakossági beruházások is fontos szerepet kaptak a forgatókönyvben. A célok között szerepel többek között a **házak fűtésére fordított energiafelhasználás felére csökkentése** 2030-ig. Míg a meglévő épületállományt az éppen esedékes felújításkor alakítanak át az energetikai céloknak megfelelően, addig 2020-tól az új építések esetében már a passzív házak radikális térnyerésével számolnak. Emellett a megújuló energiaforrásokon alapuló fűtési megoldásokra támaszkodnának, így például mintegy 15%-ban a napenergiára. A hatékonyság fokozásával a **villamosenergia-felhasználásnak 2030-ra 40%-kal, 2050-re 50%-kal kell csökkennie**. Kulcskérdés a lakosság támogató hozzáállása, így egy erre a célra létrehozott pénzügyi alapról nem csak a beruházásokat ösztönöznék (pl. társfinanszírozással), hanem a lakossági tájékoztatást, kampányokat, illetve a kisebb vállalkozások ilyen irányú beruházásait is.

A döntően kőolaj-alapú közlekedési szektor energiaigénye egyelőre folyamatosan nő, ezzel fokozva a CO₂ és egyéb szennyezők kibocsátását, valamint veszélyeztetve az energiaellátás biztonságát. A szerzők szerint a **közlekedés energiafelhasználásának – egyben CO₂-kibocsátásának – csökkentése és fenntartható energiaforrásokkal való fedezése jelenti az egyik legnagyobb kihívást**. Az energiasztratégia alapján 2030-ban a közlekedés

energiaszükséglete a maihoz képest 20%-kal lesz kisebb. A tervek szerint ezt a személyszállítás mai szinten tartásával és a járműpark hatékonyságának növelésével érik el. A felhasznált üzemanyagok 20%-át bioüzemanyag helyettesíti majd, a járművek 20%-a pedig elektromos lesz. A 2050-ig előretételek klímastratégia már 80%-ban elektromos és 20%-ban szintetikus (bioüzemanyag vagy hidrogén) alapú közlekedési rendszert tervez. A fentiek megvalósulásához természetesen hatékony és megfelelően bevezetett szabályozási lépésekre is szükség van, így például a személygépkocsik regisztrációs adóját egy kilométer alapú adó váltaná fel, előnyben részesítve a hatékonyabb gépjárműveket (Bytoft, L. 2007).

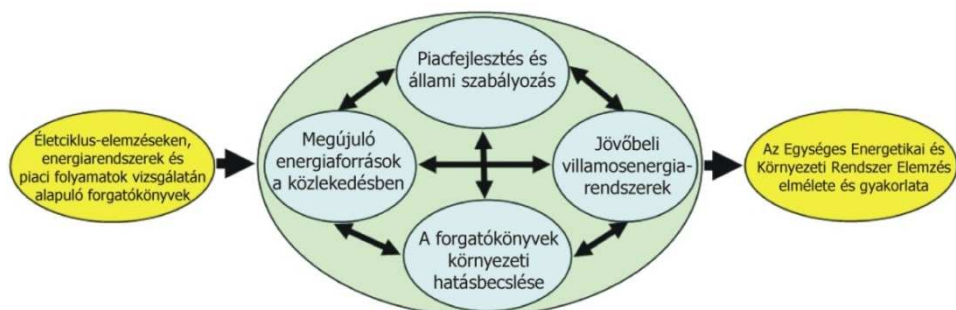
A **vasúthálózaton** számos fejlesztő beruházást végeznének, aminek következtében a jelenlegi közúti személy- és áruszállítás egyre nagyobb hányadát – 2050-ben a jelenlegi mintegy dupláját – bonyolítaná a környezetkímélő, akkora 100%-ban elektromos vasút, amelynek a tervek szerint így központi szerepe lesz a jövő dán közlekedési rendszerében (Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. 2011). A személyszállítás volumenének mai szinten tartását a közösségi közlekedés fejlesztése mellett a megfelelő **településtervezés** is elősegítené. Így lakóhelyközeli üzletekkel vagy a városi és agglomerációban történő **kerékpározás** feltételeinek további javításával fékeznek a mobilitás növekedését – hozzátéve, hogy a kerékpár Dániában már ma is teljes értékű közlekedési eszköznek számít, időjárástól, életkortól vagy státusztól függetlenül.

A 2050-ig vizsgálódó klímastratégia kidolgozása során több scenáriót készítve a **társadalmi-gazdasági költségeket is megbecsülték**, figyelembe véve az olajárak és a CO₂-kvóták árainak lehetséges jövőbeli alakulását. Az eredmény szerint a folyamatosan növekvő energiaárak és a kibocsátási kvóták költségei miatt már 2030 és 2050 között is több tíz milliárd dán korona takarítható meg évente a referencia forgatókönyvhöz képest. Az energiarendszer átalakítását követően csaknem ingyen működtethető és így olcsó energiaárakat biztosító szisztéma jön létre, amely minden szektor számára hatalmas gazdasági potenciált jelent. 2030-ig 30-40 000, közvetlenül az energiaszektorhoz kapcsolódó munkahely jöhet létre az országban, ráadásul elsősorban a hátrányosabb helyzetben lévő vidéki térségekben. További előnyként kell megemlíteni, hogy a számítások szerint a javuló levegőtisztaságnak köszönhetően évente kb. 7 milliárd dán korona egészségügyi kiadás kerülhető majd el (Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. 2009).

A CEESA Projekt

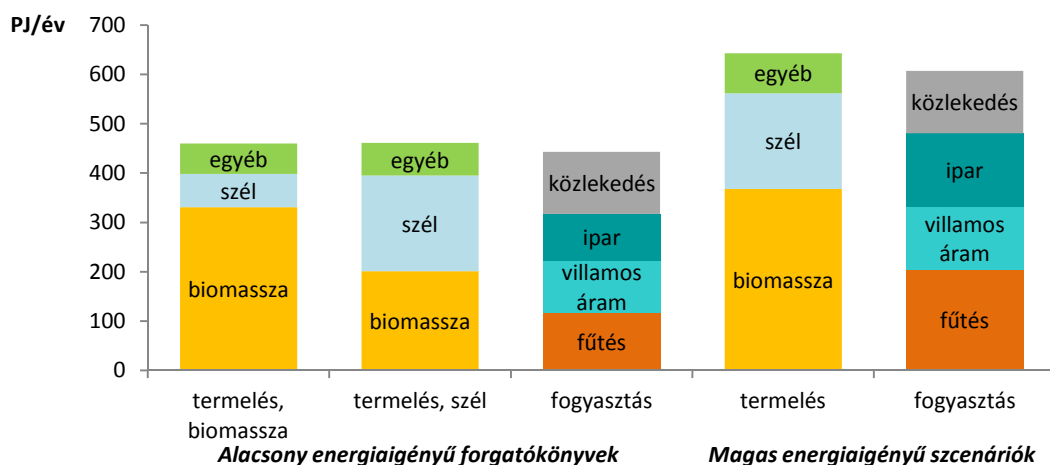
A **Coherent Energy and Environmental System Analysis (Egységes Energetikai és Környezeti Rendszer Elemzés)** elnevezésű program jelentős kormányzati támogatással, öt neves egyetem, egy nemzetközi hírű kutatóintézet (Risø), egy energetikai óriásvállalat (DONG Energy), valamint egy külföldi szakértőkből álló tanácsadó testület együttműködésével zajlik 2007 januárja óta (CEESA 2011a). A munka során a kutatók 5 témacsoportban dolgoznak, melyek:

1. forgatókönyv-készítés;
2. villamosenergia-rendszer;
3. közlekedés;
4. szabályozás;
5. környezeti hatásbecslés (CEESA 2011b).



6. ábra: A CEESA projekt multidiszciplináris kutatási módszere
(Lund, H. et al. 2008 ábrája alapján)

Vizsgálatuk középpontjában nem kisebb jelentőségű kérdéskör áll, mint az, hogy miképpen érhető el, hogy Dániában az energiaigényeket 100%-ban megújuló forrásokból láthassák el. A módszer lényege, hogy az életciklus-vizsgálatok, az energiarendszer-analízisek, valamint a közgazdasági jellegű elemzések sajátos kombinációja révén, **interdiszciplináris megközelítéssel** tárják fel az energiarendszerben rejlő lehetőségeket (6. ábra).



7. ábra: Energiatermelés és -fogyasztás a CEESA projekt három forgatókönyve szerint
Adatok forrása: Lund, H. et al. (2008)

A szakértők az Aalborgi Egyetemen kidolgozott EnergyPLAN modell segítségével **három különböző, 100%-ban megújuló energiaforrásra támaszkodó forgatókönyvet vizsgálnak részletesen** (7. ábra). A háromból kettő magas szintű energiahatékonyságra, és ebből fakadóan alacsony energiaigényre épít – s míg az egyik a biomassa, a másik inkább a szélenergia jövőbeni dominanciáját feltételezi. A harmadik esetben magasabb energiaigénnyel kalkulálnak, amit a mindkét említett energiaforrás együttes, az előző forgatókönyvekben feltételezettnél magasabb intenzitású igénybevételével fedeznének. (Lund, H. et al. 2008)

Külön foglalkoznak a legkényesebb területtel, a közlekedési energiafelhasználással, amely Dániában az energiaforrásoknak immár harmadát fogyasztja. A projekt keretében szerteágazó vizsgálatok folynak a különféle hajtóművekre, hajtóanyagokra és az ezekkel kapcsolatos életciklus-elemzésekre és infrastrukturális kérdésekre vonatkozóan. Az eddigi munka alapján világosan látszik, hogy a dán természeti adottságok minden kétséget kizáróan az **akkumulátoros, elektromos hajtású berendezéseknek** kedveznek, hiszen a szélturbinákkal területegységre vetítve igen hatékonyan állítható elő a szükséges villamos energia (1. táblázat) (Nielsen, M. P. et al. 2008).

Emellett az akkumulátorok rohamos fejlődésével a villamos energia tárolásának problémája is megoldódni látszik, így a projekt következő fázisaiban a kutatók már főleg erre a megoldásra fókuszálnak.

1. táblázat: A különböző hajtóanyagok előállításának területigénye Dániában (Nielsen, M. P. et al. 2008 alapján saját számítás)

	Forrás/hajtóanyag	Területigény (TJ/km ²)
Elektromos áram előállítása	szélturbinával	10 000
	napelemekkel	500
Belső égésű motorhoz szükséges hajtóanyag előállítása, mely	biogáz	16,67
	biometanol	11,11
	bioetanol	5,55
	biodízel	4

A problémakör közgazdasági és szabályozási vonatkozásaival foglalkozó szakértők számos érdekes téma mellett kiemelten foglalkoznak olyan új gazdasági szabályozók bevezetésének lehetőségével, mint az **egyéni szénkibocsátási kvóták** (Personal Carbon Allowances - PCA). A koncepció szerint minden fogyasztó kapna egy egységesen megállapított kibocsátási keretet és egy ezt tartalmazó mágnes- vagy chipkártyát. Erről minden vásárlásnál, kifizetésnél leemelne a rendszer egy akkora egységet, amely a termék vagy szolgáltatás igénybevételével jelentkező széndioxid-kibocsátással arányos. Természetesen lenne mód az egy évre megállapított keret túllépésére is, de ebben az esetben már csak egy jelentősen megemelt áron jutna hozzá a fogyasztó a megvásárolni kívánt szén-dioxid-kibocsátáshoz (és a termékhez). A kutatók szerint ennek segítségével mind a villamosenergia-, mind a hőenergia-szolgáltatásokat, sőt a közlekedés terén jelentkező kibocsátást is jelentősen vissza lehetne szorítani. Ráadásul a rendszer működtetése nem költséges. A javuló környezeti mutatókat pedig úgy lehetne elérni, hogy a nagyobb igényű fogyasztókra nagyobb teher nehezedne, így egy lépéssel közelebb kerülnének a társadalmi igazságossághoz is. (Hvelplund, F. – Meyer, N. I. 2008)

Felhasznált irodalom:

Bytoft, L. (2007): The Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030. (letöltve: 2011. 07. 21.)
<http://ida.dk/sites/climate/introduction/Documents/Energyplan2030.pdf>

CEESA (2011a): The CEESA Consortium. A CEESA hivatalos honlapja. (letöltve: 2011. 07. 24.)
<http://www.ceesa.dk/partners.php>

CEESA (2011b): About CEESA. hivatalos honlapja. (letöltve: 2011. 07. 24.)
<http://www.ceesa.dk/about.php>

Hvelplund, F. – Meyer, N. I. (2008): Summary concerning the use of Personal Carbon Allowances (PCAs). – In: Munksgaard, J. et al. (2008): WP4: Market Development and Public Regulation. Kézirat. 18 p.

Lund, H. et al. (2008): CEESA – Status for the scenario framework WP1 to the Consortium meeting 2nd-4th June 2008 at Gl. Avernæs castle. – Kézirat. 7 p.

Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. (2009). The IDA Climate Plan 2050: Background Report. Kopenhagen: The Danish Society of Engineers, IDA.

Mathiesen, B. V. – Lund, H. – Karlsson, K. (2011). 100% Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. Applied Energy 88., pp. 488–501.

Nielsen, M. P. et al. (2008): Status of WP2. – Kézirat. 38 p.

Eurostat (2011): Share of renewables in the EU27 energy supply. (letöltve: 2011. 07. 24.)
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-11042011-AP/EN/8-11042011-AP-EN.PDF

EWEA (2011): Wind in power: 2010 European statistics. (letöltve: 2011. 07. 24.)
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2010.pdf

1.3 Dán energiastratégiák 2. – az INFORSE forgatókönyve (Szabó Dániel)

Az INFORSE (International Network for Sustainable Energy) 1992 óta működő nemzetközi hálózata olyan civil szervezetek gyűjtőtégelye, melyek különféle nemzeti vagy nemzetközi fórumokon egy hosszú távú, fenntartható energiarendszer megalkotásán munkálkodnak. A hálózat szervezeti keretei között a tudomány számos területét képviselő szakemberek a fenntartható energiarendszerek kiépítésének lehetőségeit vizsgálják, olyan megoldásokat keresnek, amelyek a már létező, és biztonsággal használható technológiák segítségével elérhetők. Az INFORSE 145 civil szervezetet képvisel, az európaiak mellett számos ázsiai és afrikai taggal is rendelkezik.

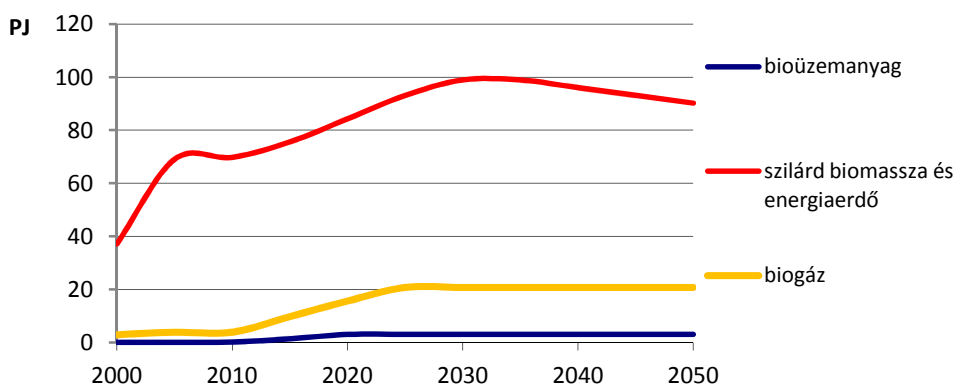
Vision 2030 for Denmark

A dán „INFORSE Vision 2030” – mely az INFORSE-Europe és az OVE (VedvarendeEnergi) együttműködésével született – nagyratörő, ám közel sem megvalósíthatatlan tervei szerint Dánia már 2030-ra képes lesz teljes mértékben a megújuló energiaforrások felhasználására támaszkodni energiatermelésében. A forgatókönyv megalkotásakor a szerzők nagy hangsúlyt fektettek a megújuló energiaforrásokban, illetve az energiafelhasználás hatékonyságában rejlő potenciálok vizsgálatára. A fentiek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a

jövőben a **szélenergiában** rejlő lehetőségek kiaknázásával volna fedezhető villamosenergia-igényük döntő hányada. A mai 3200 MW beépített kapacitás megháromszorozásával ~10 000 MW-ra kívánják növelni azt, ezzel a villamosenergia-igények nagyjából kétharmada volna fedezhető. A kapacitásnövekedést off-shore turbinák telepítésével és a már meglévő, de elavult turbinák cseréjével kívánják elérni. Végül soron a szél eredetű energia döntő többségét (65 PJ) off-shore turbinák fogják adni, míg a szárazföldiek „mindössze” 38 PJ energia biztosítására lesznek hivatottak. Fontos, hogy a tervek szerint ezeket az értékeket mindkét esetben már 2030-ra elérik. Ehhez főként az off-shore turbinák telepítésének innovációja, és működtetésük üzembiztonságának fokozása szükséges.

A **napenergia**-hasznosítás esetében már szerényebb számokkal találkozhatunk. A hőenergia termelése esetén 17 PJ potenciállal számolnak, mely maximálisan 5 m² egy főre jutó hasznosított területet jelent, míg a fotovillamos energiatermelés értékeit 12 PJ-ban határozták meg, maximálisan 8 m² egy főre jutó felülettel (ez kb. 1 kW teljesítménynek felel meg). A fotovillamos potenciálok esetén 2020-tól a beruházási költségek jelentős csökkenésével számolnak, mely lehetővé teszi a célérték mielőbbi elérését.

A **biomassza** esetében a jelenlegi termelés kibővítésével, az energetikai ültetvények jelentős térhódításával számolnak. A hagyományos biomassza mellett a biogáz és a bioüzemanyagok felhasználása esetén is bővüléssel számolnak.



8. ábra: A biomassza energetikai hasznosításának forgatókönyve az INFORSE Vision Denmark 2030 koncepció szerint

Természetesen a biomassza felhasználása esetében könnyen felmerülhetnek fenntarthatósági aggályok. Emiatt a dán szakértők is keresik az alternatívákat, melyek segítségével ezen erőforráscsoport részaránya érdemben csökkenthető volna. Persze mint minden esetben, itt is meg kell vizsgálni az egyes költségnövelő tényezőket, és a rendelkezésre álló adatok alapján (pl. energetikai hatékonyság jövőbeli javulása kapcsán) meg kell találni az optimális megoldást a probléma kezelésére. Az azonban biztosan állítható, hogy a tervezett energiarendszer „biomassza-erőforrások” nélkül nem hozható létre.

A jövőkép kidolgozóí a **tenger hullámzásának** energiáját is hasznosíthatónak tartják, ám ehhez bizonyos technológiai feltételek egyelőre nem adóttak. A becslések szerint csak 2020 után lehet jelentősebb elterjedésre számítani. Ehhez képest Dánia lehetőségei a **geotermikus** energia hasznosításában csekélyek, ám a kiaknázzható források termelésbe állításával mindenképp számolnak.

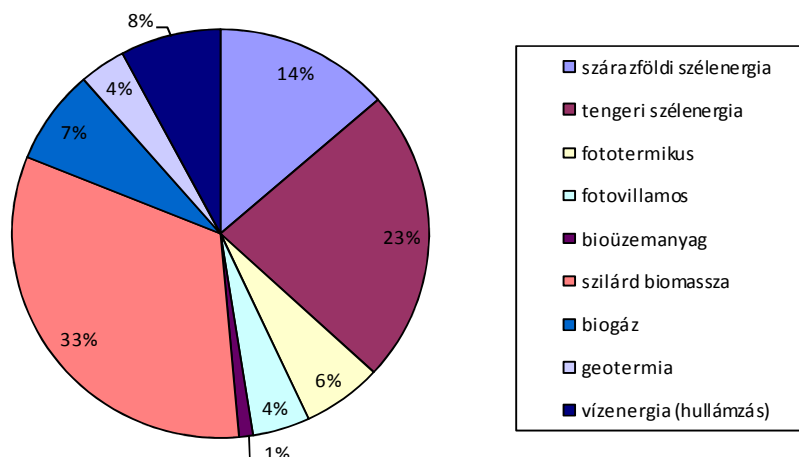
Mivel a 2030-ra tervezett rendszer keretein belül a **villamosenergia-termelés** kiemelkedően magas hányadát olyan energiaforrások adják, melyek időszakos jellegük miatt nem képesek önmagukban kiegyenlített energia-termelésre, szükséges egy flexibilis, az időszakosság problémáját áthidaló fogyasztási szerkezet kialakítása is. Az energiaterv megalkotói ezért azzal számolnak, hogy a termelt villamos energia közel felét hőszivattyús rendszerek üzemeltetésére, illetve hidrogéntermelésre fordítják. E mellett fontos szerepet játszhat a jövőben várhatóan széles körben elterjedő villanymeghajtású járművek (személyautók, buszok) energiataroló kapacitása is. Ezen kívül továbbra is lényeges eleme lehet a hatékony energiaellátásnak az energiakereskedelem fenntartása Norvégiával és Svédországgal. Ehhez tulajdonképp már nincs szükség új beruházásokra, hisz a már meglévő infrastruktúra használatával is kielégíthetők az igények.

A **hőenergia-termelés** esetében is szükséges a megfelelő tárolási kapacitások bővítése, hiszen ezek megléte nem csak a termelés és fogyasztás különbözőségeinek kiegyenlítésére adna lehetőséget, hanem a kapcsolt energiatermelés esetén is lehetőség nyílna az időlegesen feleslegben keletkező hőenergia későbbi felhasználására.

Négyes tényező, hatékonyság

Dániában nagy hangsúlyt fektetnek az energetikai hatékonyság fokozására. E téren már az elmúlt évtizedekben jelentős sikereket értek el, ám a Vision 2030 szerzői ezzel korántsem elégedettek. 2030-ig szektoronként változó mértékű, 40-64%-os hatékonyságnövekedéssel számolnak, a négyszeres hatékonyságjavulás várhatóan 2050-re teljesülhet. Jelentős energiamegtakarítást eredményezhet például a közlekedési és szállítási szektor átalakulása. A Szenárió szerint 2030-ra a személyautó használat 40%-os, a közúti teherforgalom 50%-os csökkenése volna indokolt és támogatható. Ezzel szemben a vasúti forgalom jelentős bővülése, illetve a kerékpárhasználat még szélesebb körben való elterjesztése volna kívánatos.

A gyors átmenet több szempontból is kiemelkedően fontos az ország (és egész Európa) számára. Dánia rendelkezik a világ egyik legmagasabb egy főre jutó CO₂-kibocsátási értékével. Nyilvánvaló, hogy ennek csökkentése nem csak kínáló lehetőség, hanem égető szükség is. Emellett Dánia szénhidrogén készletei 2030 tájára a végső kimerülés határán lesznek, sőt az ország önellátása már 2020 környékén veszélybe kerülhet. A szerzők szerint minél tovább halasztódik a tervek megvalósítása, annál magasabb költségekre és károokra számíthatunk.



9. ábra: Dánia primer energiaforrás-felhasználása 2030-ban az INFORSE forgatókönyve szerint

Az INFORSE-Europe és az OVE csapata tehát megalkotta a fenntartható energiarendszer tervét, mely a megújuló energiaforrások kizárólagos használatán (9. ábra), az energiahatékonyság jelentős növekedésén és a fogyasztási szerkezet flexibilitásán alapul. Egy ilyen rendszer példaként szolgálhat minden ország számára, azonban kizárólag a politikai, gazdasági döntéshozók pozitív hozzáállása esetén valósulhat meg.

Felhasznált irodalom:

<http://www.inforse.dk/europe/VisionDK.htm>

Olesen, G. B. 2010: Energy Vision 2030 for Denmark. – INFORSE-Europe

2. Alacsony CO₂-kibocsátású hivatalos nemzeti energiastratégiák

Ebben a fejezetben néhány olyan példát villantunk fel, amely azt igazolja, hogy a világ iparilag fejlett országaiban már nem csak kutatási szinten lehet eredményeket felmutatni, de kormányzati célként is megjelenik a megújuló energiaforrásokra történő átállás, sőt akár szerényebb eredményekről is be lehet már számolni.

2.1 Az alacsony szénkibocsátású rendszerre való átállás forgatókönyve az Egyesült Királyságban – Low Carbon Transition Plan (Nádor Judit – Munkácsy Béla)

Az előző fejezetben bemutatott, nemzetközi viszonylatban is elismert kutatási eredményeiket a Centre for Alternative Technology (CAT) szakértői példászerű módszerességgel tárják a döntéshozók és a szélesebb nyil-

vánosság elé. Talán ennek is köszönhető, hogy 2010 októberében a **walesi kormány** saját Klímavédelmi Stratégiáját (Climate Change Strategy) is a CAT újonnan átadott konferenciaközpontjában hozta nyilvánosságra. Talán az sem meglepő, hogy a dokumentumban megfogalmazottak sok tekintetben támaszkodnak a Zero Carbon Britain (ZCB) megállapításaira, javaslataira. A ZCB megalkotóinak több évtizedes munkája vélhetően abban is szerepet játszott, hogy 2008-ban a **Klímavédelmi Törvény** (Climate Change Act) elfogadásával az Egyesült Királyság **a világ első olyan állama lett, amely jogszabályban vállalt kötelezettséget a szénkibocsátás mérséklésére**. A törvény szerint a szén-dioxid-kibocsátást 2020-ig 34%-kal, 2050-ig viszont legalább 80%-kal kell visszaszorítani – a hatékonyság növelésével és a különféle alacsony szénkibocsátású technológiák széleskörű bevezetésével. 2009 júliusában napvilágot látott az Egyesült Királyság **Megújuló Energia Stratégiája** (Renewable Energy Strategy) is, amely 238 oldalon keresztül ismerteti az átállás lehetséges útját az energiatermelés és – felhasználás minden területén.

Az alacsony szénkibocsátású rendszerre való átállás terve

Az átalakulási folyamat szerves folytatásaként a brit kormány 2009. július 15-én tette közzé az **alacsony szénkibocsátású rendszerre való átállás tervét** (Low Carbon Transition Plan), amely egyben a kormányzat hivatalos klíma- és energiastratégiája. A dokumentumban azt az utat vázolják fel, melyet bejárva 2020-ra elérhető a szén-dioxid-kibocsátás 34%-os csökkentése – az 1990-es bázisévhez képest. A teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy a terv publikálásakor ennek jelentős részét már teljesítették, hiszen 2009-re 21%-os kibocsátáscsökkentést már elértek (DECC 2009).

A csökkentési elképzelés megvalósítása érdekében a törvényben **kötelezettséget vállaltak arra, hogy 2020-ig:**

- a teljes energiafelhasználás tekintetében a **megújuló forrásokból** származó energia részarányát 15%-ra növelik (vagyis a jelenlegi részarány 7-szerese a cél), ezen belül az elektromos áram esetében a 30%-os részarányt érik el (ez az érték a jelenleginek 5-szöröse);
- a **háztartások** esetében főként az épületek energetikai felújításának köszönhetően 29%-kal, az **energiatermelésben és a nehéziparban** 22%-kal, a **közlekedésben** 19%-kal csökkentik a karbonkibocsátását (2008-hoz képest).

A klímavédelmi szempontok mellett a tervnek további kedvező hatásai lesznek:

- elérhetővé válik, hogy az ország kevesebb energiahordozót importáljon, ezáltal csökkenjen kiszolgáltatottsága;
- új munkahelyek létrejöttét segíti, hiszen a számítások szerint körülbelül 1 millió ember számára jelent lehetőséget az alacsony szénkibocsátású technológiákra való átállás.

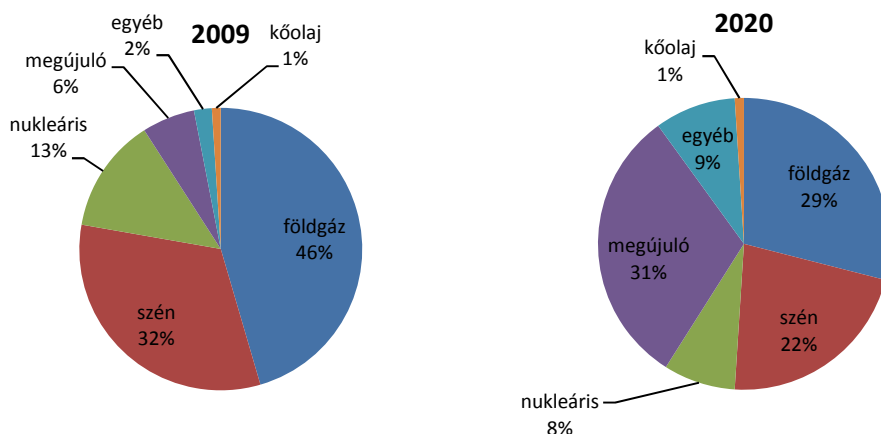
A dokumentum előszavában az Egyesült Királyság akkori **Energiaügyi és Klímaváltozási** minisztere kifejti (közbevetőleg megjegyezzük, hogy a minisztérium megnevezése már önmagában figyelemre méltó), hogy az ország választút előtt áll. Az egyik lehetőség, hogy folytatják az egyre nagyobb mennyiségű energia importálását, vállalva az ezzel járó kiszolgáltatottságot a világpiaci áringadozások és zavarok miatt. A másik, hogy további konkrét lépéseket tesznek az alacsony szénkibocsátású jövő elérésére, ami a klímaváltozás kockázatának csökkentése mellett az energiaellátás biztonságának növelését és új munkahelyek teremtését is szolgálná. A tárca vezetője leszögezi, hogy az átállás igen költséges lesz, de sokkal nagyobb árat kellene fizetni, ha nem cselekszenek és nem veszik fel időben a harcot az emberiség számára akár végzetes következményekkel járó klímaváltozással.

Az átállás tervének első nagyobb fejezetében a szerzők bemutatják a globális klímaváltozás okait, folyamatait és következményeit. Konkrét adatokkal és eseményekkel szemléltetik az éghajlatváltozás veszélyeit, valamint lefestik az egész Föld, illetve az EK szomorú jövőjét, ami abban az esetben következhet be, ha nem cselekszünk időben, és tovább folytatjuk az üvegházgázok nagymértékű kibocsátását.

A következő fejezetben tárgyalják részletesebben az ún. „carbon-budget” fogalmát, amelyet magyarul leginkább **karbon-költségvetésként** szoktak emlegetni. Ennek a koncepciónak a lényege, hogy az üvegházgázok (ÜHG) szintjének adott határértéken belül tartása érdekében 2050-ig rövidebb időszakok bontva határozzák meg, hogy az országnak mekkora lehet az ÜHG-kibocsátása. Ha a tervezett ütemben tudják elérni céljaikat, akkor **2050-re 80%-kal csökkenne az Egyesült Királyság ÜHG-kibocsátása** (a 1990-es bázisévhez képest). A jelen stratégia időszakára ebből az első három karbon-költségvetési időszak esik, melyekben három egyenlő léptékű csökkentési fázist tervezve 2008-2012 között 22%-ig, 2013-2017 között 28%-ig, majd **2018-2022 között 34%-ig** kellene az üvegházgázok kibocsátás-csökkentését végrehajtani. Ebből következően a további 46%-nyi csökkentés (a tervezett 80% eléréséhez) a 2023-2050 közötti időszakban esedékes, vagyis a második 30 éves periódusban lényegesen nagyobb eredményeket kell majd elérni.

Ugyanitt olvashatunk a kormány, a közösségek, a piac és az emberek szerepéről és feladatairól a klímaváltozás elleni harcban. Az egyes minisztériumoknak a hozzájuk tartozó ágazatokra vonatkozóan külön-külön is meg kellett tenniük kibocsátás-csökkentési vállalásaikat. Közülük a 2018-tól 2022-ig terjedő időszakra a legnagyobb mértékű csökkentést – nem meglepő módon – az Energiaügyi és Éghajlatváltozási Minisztérium (az összes csökkentés 53%-át), a Közlekedésügyi Minisztérium (az összes csökkentés 18%-át) és a Környezeti, Élclmezési és Vidékfejlesztési Minisztérium (az összes csökkentés 14%-át) vállalta.

A harmadik nagy fejezet a villamosenergia-szektor átalakításának tervét vázolja fel. A korábban már említett, szintén 2009-ben kiadott Megújuló Energia Stratégia felvázolja azt az utat, amelynek eredményeképpen hétésszeresére kívánják növelni a megújuló energiaforrásokból nyert energia mennyiségét. A 2020-ig szóló tervekben a **villamos energiának 40%-át kell alacsony szénkibocsátású forrásokból** előállítani. Ennek azonban csak 75%-a származik majd megújuló forrásokból, a koncepció szerint a maradék 25%-ot atomerőművek és a „tisztaszen technológia” együttesen fogja szolgáltatni. Az Egyesült Királyság fontosnak tartja, hogy 2050-re teljesen kiküszöbölhető legyen a szén alkalmazása a villamosenergia-szektorban.



10. ábra: A primerenergia-felhasználás tervezett változása a 2009. és 2020. évi adatok alapján a Low Carbon Transition Plan szerint

Az **atomenergiával** kapcsolatban a stratégia egy 2009-ban publikált hivatalos kormánykiadványra hivatkozik, amelyben összefoglalták a kormány akkori álláspontját az atomenergiával kapcsolatban: alacsony szén-dioxid-kibocsátású, gazdaságos, biztonságos és jól alkalmazható az egyre többféle energiaforrást használó rendszerben is. Így nem meglepő, hogy a kormány további nukleáris erőművek létesítését tervezi és aktívan támogatja az energiaipari vállalatok újabb erőművekbe történő befektetéseit – ebben egyelőre a 2011. március 11-én bekövetkezett fukushimai reaktorbaleset sem hozott változást.

A **szénleválasztás és -tárolás** módszere (Carbon Capture and Storage - CCS) ugyancsak helyet kapott a 2020-ig szóló stratégiában. A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása ugyanis jó ideig lényeges szerepet játszik még a környezet károsításában, így ezen technológia alkalmazásával remélik legalább az üvegházgázok kibocsátását visszaszorítani. A koncepció lényege, hogy a fosszilis tüzelőanyagokat égető erőművek vagy nagyobb ipari létesítmények által kibocsátott füstgázból kémiai úton leválasztják a szén-dioxidot, majd szállítás után föld vagy tenger alá temetik, és ott tárolják, esetleg növényekkel vagy baktériumokkal dolgoztatják fel.

A negyedik fejezetben az otthonok és közösségek átalakításában rejlő lehetőségeket fejtik ki. A terv szerint 2020-ig az éves kibocsátási megtakarítások kb. 15%-át a **háztartások hatékonyságának növelésével** és a **megújuló energiaforrások kisléptékű otthoni használatával** fogják elérni. Óriási költségcsökkentési lehetőségek rejlenek a rosszul szigetelt épületekben, hiszen a számítások szerint a fűtési költségek egyharmada könnyedén megspórolható lenne. A kitűzött célok eléréséhez szükséges konkrét lépéseket is felvázolja a dokumentum. Ezek közül most néhányat kiragadva: a dokumentum kiemeli például a **Háztartási Energiamegtakarítási Program** (Home Energy Saving Programme) keretében 2008 szeptemberében tett vállalásokat, amelyek lényege, hogy különféle energiahatékonysági beruházásokkal – így elsősorban épületenergetikai beruházások támogatásával – a családok 1 milliárd font megtakarítást érjenek el az energiakiadások kapcsán 2011-ig. 2009 áprilisában a hátrányos helyzetű térségekben élő közösségek, családok anyagi támogatására vezettek be egy új finanszírozási rendszert (Community Energy Saving Programme). Úgyszintén a kormányzat erőfeszítéseit jelzi a 2010 áprilisában bevezetett, kifejezetten háztartási léptékű áramtermelő megoldások támogatását célzó **új tarifarendszer**, amely kiemelten támogatja azokat a családokat, amelyek megújuló energiaforrásból előállított áramot adnak tovább a nemzeti villamos hálózatnak. Ugyanitt említik meg a kormány 2011-re tervezett **Megújuló Alapú Hőenergia Kezdeményezés** (Renewable Heat Incentive) elnevezésű programját, amelynek keretében támogatni kívánják a háztartások átállását fenntarthatóbb megoldásokra. A fenti előremutató kezdeményezések mellett azt is látnunk kell, hogy a dokumentum **nem említi meg az energiával való takarékoság témakörét**, pedig nyilvánvaló, hogy ezen a téren is súlyos felelősség terheli az Egyesült Királyság polgárait.

A foglalkoztatásra gyakorolt hatásokkal foglalkozó fejezetből kiderül, hogy az alacsony szénkibocsátású technológiák már ma is 880 000 munkavállalónak biztosítják a megélhetését, de 2020-ig várhatóan további 1 millió fő számára kínálnak munkalehetőséget. Ez a fejezet ékes cáfolata annak a hazánkban is gyakori nézetnek¹, amely szerint az energiaszektorban bekövetkező irányváltás egész térségek, családok tízezreinek létét fenyegeti. Ezzel szemben a technológiai fejlesztések eredményeképpen az ipar több területén is piacvezető pozícióba kívánnak kerülni, így többek között az offshore szélturbinák fejlesztése, telepítése és rendszerbe integrálása; a hullámmzás

¹ 2010. februárjában Koscsó Lajos és Magda Sándor MSZP-s képviselők az utolsó pillanatban megakadályozták a Klímatörvény elfogadását arra való hivatkozással, hogy az nem képviseli a visontai erőmű érdekeit, hiszen annak bezárását eredményezné és hosszú távon katasztrofális következményekkel járna az ott élőkre. Módosító indítványukban kifejtették, hogy szerintük a tervekben szereplő, az ÜHG-ok kibocsátásának 40%-os csökkentését célzó elvárás túlzó, csak 20%-ot tartottak elfogadhatónak. A beadvány szakmai megalapozatlanságát jelzi, hogy annak megszületésekor 30%-os csökkentést már sikerült elérnünk, vagyis a két képviselő módosító javaslata a már elért eredményekhez képest visszalépést jelentett.

és ár-árpály erőművek gyártása vagy az atomenergetika kapcsán várnak komoly eredményeket. Ezek hosszú távon bizonyosan erősítik a munkavállalók pozícióját is az ilyen fejlesztésekkel érintett térségekben.

Külön fejezetben elemzik a közlekedési szektorban tervezett változásokat. Ezek felsorolásszerűen az alábbiak:

- a belsőégésű motorral rendelkező járművek energiahatékonysági fejlesztéseinek folytatása;
- az alacsony szénkibocsátású járművek, így például az elektromos autók, robogók fejlesztése és elterjesztése;
- a közösségi közlekedés helyzetének erősítése, valamint a közlekedés azon formáinak támogatása, amelyek nem járnak szén-dioxid kibocsátásával (kerékpározás, gyalogos közlekedés) – ez az egyik olyan különösen értékes része a dokumentumnak, amelyben továbblépnek a hagyományos, kizárólag a hatékonyságra fókuszáló megközelítéshez képest;
- a nemzetközi repülés és hajózás tekintetében a kibocsátás csökkentésének szorgalmazása, támogatása.

Ezt követően a stratégia a tájhasználat és a hulladékgazdálkodás energetikai aspektusait tárgyalja és meghatározza az ezek kapcsán elérendő célokat. Ez a fejezet különösen nagy figyelmet fordít a szerves hulladékkomponensek megfelelő kezelésére, így felhívja a figyelmet a **biogázás technológiák** további terjesztésének fontosságára. Emellett stratégiai célként tűzi ki éves szinten 15 000 ha **erdő telepítését**, ennek köszönhetően – a kalkulációk szerint – a 2050-ig terjedő időszakban 50 millió tonna szén-dioxid megkötése válik lehetővé. Ugyanakkor rávilágít az erdők egyéb ökoszisztéma szolgáltatásai által kínált közvetett előnyre is, így például az árvizek kialakulása elleni megelőző szerepre vagy a kedvező mikroklimatikus hatásokra.

A további fejezetek egyrészt ütemtervet állapítanak meg, másrészt meghatározzák, hogy milyen speciális intézkedésekre van szükség Észak-Írországon, Skóciában és Wales-ben. Szintén tanulságos, hogy a stratégia legvégén olyan, kifejezetten a laikusoknak szánt tippek sorakoznak, amelyek a háztartás, a munkahely és gépkocsi-vezetés témakörében szolgálnak tanácsokkal – a szerzők ráadásul az egyes lépésekkel megspórolható pénzeszegeket is feltüntetik.

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy az Egyesült Királyságban egy komoly lépésváltás történt a klímaváltozás és egyáltalán az energiaszektor káros környezeti hatásai elleni harc terén. Az 1970-es évek óta tartó kutatási fázisból végre sikerült továbblépni és a jogszabályok megalkotását és stratégiai tervek elkészítését követően számos nagyon értékes program a megvalósítás fázisába jutott. Reményeink szerint a megszerzett tapasztalatokat hazánkban is mielőbb kamatoztatni tudjuk majd.

Felhasznált irodalom:

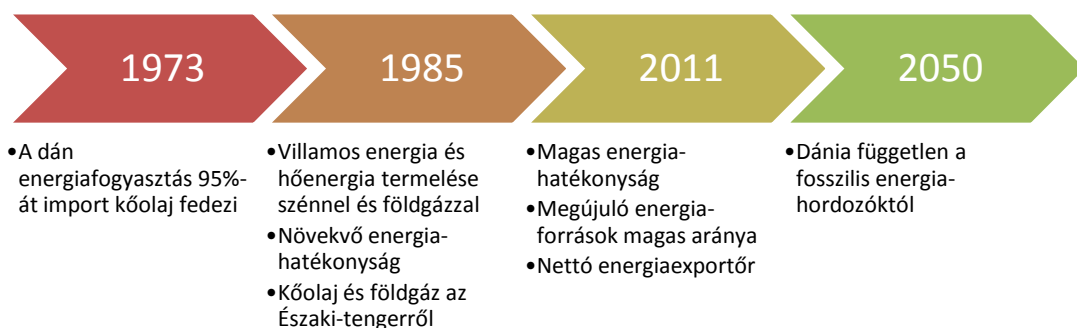
DECC 2009: Digest of United Kingdom Energy Statistics. Department of Energy and Climate Change

UK Gov. (2009): Low Carbon Transition Plan, National strategy for climate and energy. UK Government. 220 p.

UK Gov. (2009): The UK Renewable Energy Strategy. UK Government, 238 p.

2.2 Dánia energiastratégiája – 2050 (Sáfián Fanni)

Dánia energetikai szempontból különleges helyzetben lévő ország, hiszen viszonylag rövid idő alatt sikerült igen nagy változtatásokat elérnie energiagazdasága területén. Az első kőolajár-robbanás még teljesen kiszolgáltatottan és felkészületlenül érte az országot: szinte teljes mértékben (több mint 90%-ban) import kőolajat használt az elsődleges energiaigények ellátására, vagyis a (85%-ban kőolaj alapú) villamosenergia-termeléstől a lakossági fűtésig az élet minden területén (Lund, H. 2009). A krízis megoldását az akkori kormány energiastratégiája atom- és szén-erőművek építésével képzelte el, az energiafogyasztás változását pedig exponenciális növekedésként prognosztizálta.



11. ábra: Az energiarendszer fejlődése Dániában (Danish Government 2011 ábrája nyomán)

Erre válaszul az évek során számos alternatív energiastratégiát készítettek többek között egyetemek, kutató- és civil szervezetek, melyek célja elsődlegesen az energiamegtakarítás, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés és a megújuló erőforrásokra való áttérés volt (ezekből néhányat az előző fejezetekben már bemutattunk). Az alternatív javaslatok köre idővel folyamatosan bővült, és az évek során a korábban forradalminak számító gondolatok beépültek a hivatalos energiastratégiákba, így **Dánia új, 2050-ig tartó energiastratégiájába** is, melyet **2011. február 24-én hoztak nyilvánosságra** (Danish Ministry of Climate and Energy 2011).

Célkitűzések

Az új energiapolitika elsődleges célja nem más, minthogy **2050-re az ország fosszilis energiahordozók nélkül**, azoktól függetlenül **tudjon működni**. Ennek egyik legfontosabb oka, hogy a dán döntéshozók felismerték: a) az olcsó és könnyen elérhető energiahordozók kora lejárt; b) a maradék forrásokért igen komoly – és akár súlyos következményekkel járó – verseny indult az országok között, megterhelve gazdaságukat és társadalmukat egyaránt; c) az energiaforrásokban szegény országok kiszolgáltatott helyzetben lesznek. Dánia nem kíván részt venni ebben a versenyben, hanem egy mindinkább saját, megújuló forrásokon alapuló energiarendszer továbbépítését tervezi, mellyel a klímaváltozás elleni küzdelemben is jelentős szerepet vállalhat. Ez azonban nem szigetüzemű működést jelent: a szomszédos országokkal való energia-kereskedelemnek a jövőben is szerep jut Dánia életében.

A fosszilis energiaforrásoktól való függetlenné válás mellett két másik fontos célt is kitűz a stratégia. Az egyik, általánosnak is nevezhető elvárás az energiarendszerekkel szemben, hogy az átalakulás ellenére magas szintű legyen az energiaellátás biztonsága, miközben a szolgáltatásokat elérhető áron kínálják. A másik cél a klímaváltozással kapcsolatos kötelezettségek teljesítése – különösképpen a 2009-es koppenhágai és a 2010-es cancúni konferenciák után, ahol számos ország egyetértett abban, hogy a globális hőmérséklet-növekedést 2°C alatt kell stabilizálni. Az ENSZ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) szerint ehhez az ipari országok összkibocsátását 2020-ra 25-40%-kal, 2050-re 80-95%-kal kell csökkenteni az 1990-es szinthez képest, hogy a globális kibocsátások ugyanekkorra megfelezzöjdenek. Dánia pedig nem próbál meg kibújni a globális felelősség alól: az új nemzeti stratégia a fenti célokat egy az egyben átveszi, így **2050-ig 80-95%-kal tervezi csökkenteni az ország üvegházgáz-kibocsátását az 1990-es szinthez képest.**

A fő cél az energiaszektor üvegházgáz-semlegessé alakítása, 100%-ban megújuló energiaforrások felhasználásával. Azonban – ha ez bármilyen okból nem kivitelezhető – a stratégia nem veti el a megújulóknak szénvel és/vagy biomasszával való kiegészítését sem, ám kizárólag CCS (carbon capture and storage) technológia alkalmazása mellett. Az eszközrendszer fontos eleme az energiával való nemzetközi kereskedelem is (ami szintén magában hordozza pl. fosszilis alapú villamos energia importálásának lehetőségét). Ez a kompromisszum a stratégia rugalmasságát biztosítja, hiszen a következő 40 év erőteljes átalakulásait Dánián belül és kívül is nehéz előre megjósolni. A célok elérésének két fő módja azonban természetesen az energiahatékonyság és a megújuló arányának növelése lesz, melynek már a 2020-as, rövidtávú célkitűzések elérésére is hatása lesz.

Ezek a következők:

A kormányzat tervei	Dánia az első három olyan ország között legyen, melyek leginkább növelték a megújuló energiaforrások részarányát
	Dánia az OECD három legenergiahatékonyabb országa között legyen
Európai Unió elvárások	A megújuló aránya 30% a végső energiafelhasználásból
	A megújuló aránya a közlekedésben 10%
	Az Európai Unió Kibocsátás-Kereskedelmi Rendszerébe (ETS) nem tartozó kibocsátások csökkentése 20%-kal
A nemzeti energia egyezmény célkitűzései	Az elsődleges energiafelhasználás 4%-kal kevesebb, mint 2006-ban
Javaslat az EU számára (kidolgozás alatt)	Az üvegház-gázok csökkentése 30%-kal az 1990-es szinthez képest

12. ábra: Dánia rövidtávú céljai 2020-ig (Danish Government 2011 ábrája nyomán)

Az új energiarendszerbe való átmenet a társadalom és gazdaság egészére kihatással van, ám nem mindegy, hogy milyen irányban; ezért ennek megtervezése is a stratégia fontos része. Az első kitétel, hogy az átmenetnek költséghatékonynak kell lennie. Ezért például azoknál a technológiáknál, amelyek jelenleg még támogatást

igényelnének, nem nagymértékű felhasználásukat, hanem kutatásukat, fejlesztésüket és demonstrációjukat fogják támogatni, amivel hosszútávon versenyképessé tudják tenni őket.

További fontos kitétel, hogy az átmenettel kapcsolatos költségek ne az államháztartást terheljék, hanem az energia fogyasztói (cégek, háztartások) állják azokat. A dán vállalatokra, de különösképpen a már ma is világszerte sikeres, energiaszektorban utazó cégek versenyképességére is nagyban építenek a tervezés során. A stratégia azt is kiemeli, hogy az átmenet során biztosítani kell, hogy ne használják túl a környezeti adottságokat. Fontos cél, hogy az új infrastruktúrának biztosítania kell majd mind a természet, mind az emberek lehetőségét arra, hogy élvezhessék annak előnyeit – ilyen kitételekkel alapvetően technológiai jellegűnek tekintett dokumentumokban ritkán találkozni.

Az új energiarendszer sarokkövei

Magas hatékonyságú energiafogyasztás

A jövőben, bár nőni fog az energiával kapcsolatos szolgáltatások igénye, mindezt kevesebb energiamennyiséggel kell kielégíteni, hogy a fenti célok teljesülhessenek. Ezért 2050-re a dán energiafogyasztás összességében 50%-kal hatékonyabb lesz. A stratégia ennek (részbeni) okát egyszerűen fogalmazza meg: pénzügyi szempontból is több értelme van energiahatékonysági fejlesztésekbe, mint az energiaellátás növelésébe fektetni.

Villamosenergia-alapú fűtési, ipari és közlekedési rendszerek

A stratégia szerint már jól látható jelei vannak annak a trendnek, mely szerint a jövőben a mainál lényegesen több energiával kapcsolatos szolgáltatás (így a központi, egyéni és ipari fűtési rendszerek is) elektromos alapúak lesznek. A közlekedés területén a személyautók, vasutak, és bizonyos kereteken belül a buszok és a kompok is villamos energiával működhetnek. Az elektromos autókat mindenképpen a jövőbeli közlekedés egy fontos elemének fogják fel, a tervek alkotói csak a tekintetben bizonytalanok, hogy a tisztán elektromos, a plug-in (konnektoros) hibrid vagy a tüzelőanyag-cellás autók fognak jobban elterjedni 2050-re.

Több szél alapú villamos energia

A szélerő energia rendelkezik Dániában a legnagyobb fizikai potenciállal a megújulók közül, ráadásul a technológia költségei a jövőben bizonyosan tovább csökkennek majd, ezért ha lehet, még nagyobb lesz a szélturbinák ára, a dán energiamixben. És bár a telepítési költségeik magasabbak, a tengeri (offshore) szélturbinák kapnak majd döntő szerepet, többek között nagyobb hatásfokuk és a szárazföldi helyszínek korlátozott volta miatt. Ebben a hangsúlyváltásban szerepet játszhat a feltörekvő kínai szélturbina-gyártókkal folyó egyre élesedő piaci verseny, amelyben a dánok csak úgy maradhatnak az élen, ha egy lépéssel a versenytársak előtt járnak. Ezt az egy lépést még egy évtizedig bizonyosan a tengeri szélturbinák fejlesztése jelenti, hiszen a dán gyártók nem csak gyártási, de immár évtizedes üzemelési tapasztalatokkal is rendelkeznek ezen a téren.

A biomassa hatékony felhasználása

A biomasszának többféle formában is fontos szerepe lesz a jövőbeli energiarendszerben: a kormányzati elképzelések szerint főként a kapcsolt energiatermelés számára szolgál majd alapanyagul, emellett az olyan nagy tömegű, és nagy energiaigényű közlekedési eszközök, mint a repülőgépek vagy nehéz tehergépjárművek számára állíthatnak elő belőle bioüzemanyagot. Mivel azonban a biomassa korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre, és a bioüzemanyagok világpiaci kereslete is egyre nő, a stratégia készítői azzal számolnak, hogy ezen üzemanyagok ára is növekedni fog. Erre a problémára nyújthat megoldást a biogáz előállítás, amelynek akár közlekedési célú felhasználása, de erőművi felhasználása is lehetséges. A kormányzat tervei szerint a biogáz-

erőművek az időszakosan termelő szélerőművek kiváltásában is fontos szerepet kapnak majd. Ebben a rendszerben a **nap- és hullámenergia csak kiegészítésként jelenik majd meg**. Hosszú távon a napelemek és a hullámerőművek kiváltanak majd bizonyos mennyiségű szélerőművet, így egy diverzebb, több lábon álló rendszer jön létre, ami technológiai és gazdasági szempontból is kedvezőbb.

Megújuló alapú központi és egyéni fűtési rendszerek térnyerése

A hivatalos dán energiastratégiában is kiemelt szerepet kapott a központi fűtés. Ezek a rendszerek lehetővé teszik, hogy viszonylag kis befektetéssel, ám nagy volumenben kapcsoljanak szakaszosan termelő megújuló energiaforrásokat a rendszerbe. Ezen rendszerek továbbfejlesztése és kiterjesztése fontos része a stratégiának, azonban kiemelik, hogy egyelőre kihívás, hogy hogyan találják meg technikai és gazdasági szempontból a központi és az egyéni fűtési rendszerek közötti optimális egyensúlyt.

Intelligens energiarendszer

A szakaszosan termelő megújuló energiaforrások nagy mennyiségben történő integrálása nagy terhelést jelent a villamosenergia-rendszerre nézve, hiszen úgy kell kielégíteni a fogyasztók folyton változó igényeit, hogy a megújulóra alapozott energiatermelést csak korlátozottan tudjuk befolyásolni. Mindez nagy kihívást jelent – különösen azért, mert ilyen, közel 100%-ban megújuló alapú, de többségében szélenergián alapuló energia-rendszer még nem létezik a világon – ugyanakkor a megoldás egyes elemei külön-külön már ismertek. Az egyik legfontosabb, a nemzetközi villamosenergia-hálózat kínálja lehetőségek kihasználása, ami a koncepció szerint az átmenő kapacitások nagyarányú fejlesztését is igényli. A termelés és fogyasztás közötti eltérések kiegyenlítéséhez rugalmas és intelligens fogyasztói oldalra van szükség, aminek kialakításában a villamos energiát fogyasztó hőszivattyúk, elektromos bojlerok és elektromos autók segíthetnek, utóbbiak akár a hálózatra való visszatöltéssel (V2G, vehicle-to-grid) is (Lund, H. – Kempton, W. 2008). A villamos energia tárolásának növekvő igényét Dániában a szomszédos norvég és svéd vízerőművek már ma is költséghatékonyan elégítik ki – a dán villamosenergia-felesleg átvételekor nem termelnek, hanem tározzák, tartalékolják a vizet, így időben jól szabályozhatóvá vált a működés. Ennek az együttműködésnek a jövőben is nagy szerepe lesz. Emellett azonban lehetséges, hogy a technológiák további fejlődésével más típusú, akkumulátor-alapú villamosenergia-tárolókat is használnak majd, kiegészítve a nemzetközi villamosenergia-kereskedelmet.

Dánia és az atomenergia

Dániában 1985-ben parlamenti döntés született arról, hogy az atomenergia nem lesz a dán energiagazdálkodás része. Az ország azóta sem változtatta meg véleményét, sőt a fukushimai tragédia tovább erősítette az eddigi elkötelezettséget az „atomenergia-mentes Dánia” koncepció fenntartására.

A kormányzati stratégia legfontosabb ellenérvei között szerepel, hogy a sűrűn lakott országban nehéz minden szempontból megfelelő helyszínt találni, illetve hogy az atomerőműveknek nincsenek dán hagyományai, így a technológiát teljes egészében importálni kéne. A rendszeresen felmerülő üzembiztonsági problémák és a kiégett fűtőelemek környezetkímélő elhelyezésének megoldatlansága ugyancsak súlyos érvek a technológia használatával szemben. Végül pedig az a tény, hogy nagy arányban vesznek majd részt szélturbinák az energia-rendszerben, nem teszi célszerűvé a gazdasági és technológiai okokból folyamatosan teljes kapacitással termelő, tehát igen rugalmatlan atomerőművek rendszerbe illesztését.

A stratégia külön kitér az atomerőművekkel kapcsolatos gazdasági jellegű visszásságokra: az általában állami vagy részben állami tulajdonú atomerőművek számos direkt vagy indirekt támogatásban részesülnek, vagyis jelentős terhet jelentenek az adófizetőknek, a gazdasági összehasonlításokban azonban erről megfeledkezve több ország (így hazánk is) a legolcsóbban termelő erőműtípusként jeleníti meg ezeket. Az elgondolkodtató ellenérvek között szerepel az is, hogy az atomerőművek építéskor az eredeti költségvetést a legmondosabb

tervezés ellenére is rendszeresen jelentős mértékben túllépik. Például egy közelmúltban átadott finn erőmű, az Olkiluoto-3, jelentős időbeni csúszással és a költségkereteket többszörösen meghaladva épült meg, így most egységnyi beépített energiakapacitásra vetítve 3,5-ször drágábban termel egy szenes, nagyjából nyolcszor drágábban egy gázüzemű erőműhöz képest, de az itt előállított villamos áram két-háromszor drágább egy szárazföldi szélturbinával termelt energiához képest is. A fentiekre alapozva a hosszú távú kormányzati elképzelésekben határozottan ragaszkodnak ahhoz, hogy Dániában a jövőben se épüljön atomerőmű.

Felhasznált irodalom:

Danish Government (2011): Energy Strategy 2050 – from coal, oil and gas to green energy. 65 p. (letöltve: 2011. 07. 16.) <http://www.denmark.dk/NR/rdonlyres/2BD031EC-AD41-4564-B146-5549B273CC02/0/EnergyStrategy2050web.pdf>

Danish Ministry of Climate and Energy (2011): From coal, oil and gas to green energy. (letöltve: 2011. 06. 10.) <http://www.kemin.dk/en-us/newsandpress/news/2011/sider/energystategy2050.aspx>

Lund, H. – Kempton, W. (2008): Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G. – In: Energy Policy, Vol. 36. (2008), pp. 3578–3587

Lund, H. (2009): Choice Awareness and Renewable Energy Systems. Aalborg: Aalborg University. 334 p.

3. A magyar energiaszektor jelenlegi helyzete – dióhéjban (Sáfián Fanni – Budai Edina)

Az Uniós célkitűzéseknek megfelelően hazánk esetében is igaz, hogy az energiagazdálkodás az ellátás biztosítása során megfizethető, versenyképes energiával szolgáljon úgy, hogy az energiarendszer a **fenntarthatósági szempontoknak** is eleget tegyen (EEA 2009). És bár a villamosenergia-szolgáltatás megoldott hazánkban, sajnos nem jelenthetjük ki, hogy ez a fenti szempontoknak eleget téve, hosszú távon problémamentesen történik. Az Európai Unió környezetpolitikájának fő célja ugyanis a fenntarthatóság, ami azonban az energiagazdálkodásnak sem a hazai, sem pedig uniós szintjén nem valósul meg.

Az Európai Uniónak 2020-ig a következő irányelvei érvényesek, melyet majd hazánk is teljesítenie kell:

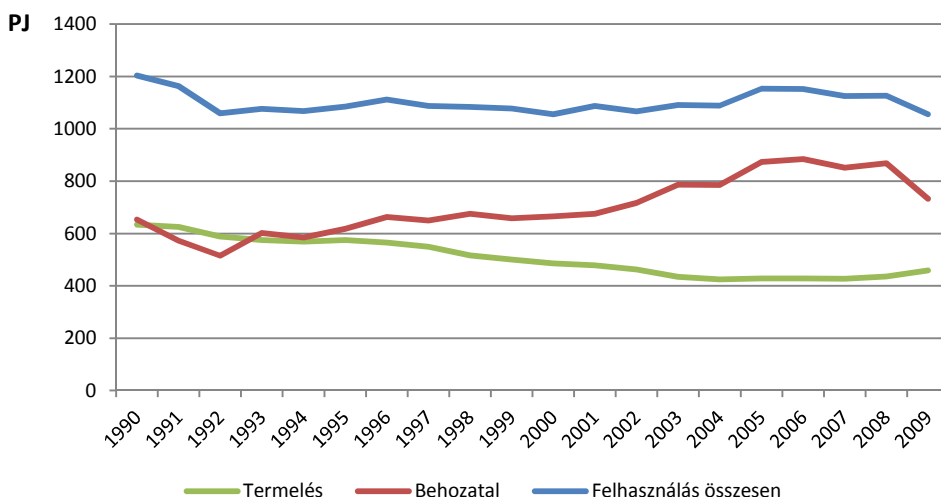
- az energiahatékonyság 20% növelése;
- az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentése;
- a megújuló energiaforrások arányának 20%-ra emelése az EU teljes energiafogyasztásában;
- a gépjármű-üzemanyag bioüzemanyag-hányadának 10%-ra emelése 2020-ra (Eurostat 2010).

A 20%-os megújuló energiaforrás részarány a tagállamok összességére vonatkozik átlagosan. Ezen belül Magyarország 13%-ot kell teljesítenie, amely az előző 5,5%-os vállalásból adódik, illetve az ország GDP teljesítményéből. Jelenleg 7,3 %-on állunk (Eurostat, 2011), tehát láthatjuk, hogy az elkövetkezendő években lesz még hova fejlődünk.

Energiamérleg

Magyarország teljes energiafelhasználása – beleértve a villamosenergia-, a hőenergia- és az üzemanyag-felhasználást – az 1990-es évek óta évi 1100 PJ körül stagnál, 2010-ben 1085 PJ (KSH 2010a) volt. A forrásszerkezet azonban kedvezőtlenül változott ezen időszak alatt (13. ábra): a hazai források csökkentek, ezzel párhuzamosan az importált energiahordozók aránya nőtt. Így az importfüggőség az utóbbi években meghaladta a 63%-ot, és bár a válság hatására 2009-re 58,8%-ra mérséklődött, még mindig rosszabb, mint az egyébként is magas (53,9%) uniós átlag (Eurostat 2011a).

További kérdéseket vet fel az energiarendszer környezetvédelmi szempontból, hiszen országos átlagban a felhasznált energiaforrások 82%-a fosszilis eredetű, így magas szén-dioxid-kibocsátással jellemezhető.



13. ábra: Magyarország energiamérlege 1990 és 2009 között [PJ] (Adatforrás: KSH 2010a)

Energiaforrások

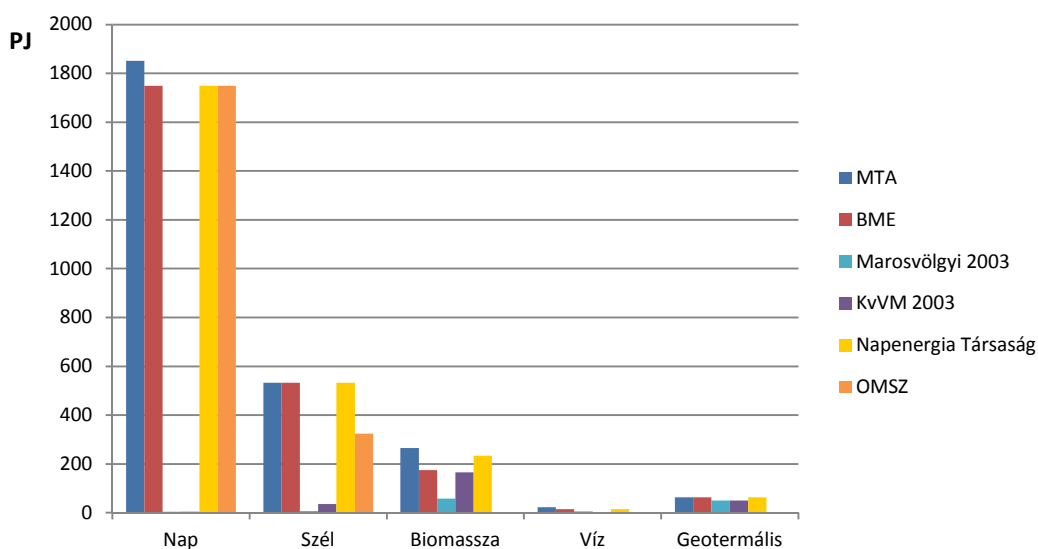
Hazánk fosszilis energiahordozókban szegény ország. A **szénkészletek** jelentősebb része mára kifogyott vagy gazdaságtalanná vált a kitermelése. Ez alól kivétel az Északi-középhegység alacsony minőségű, de jelentős lignitvagyon, melynek jelenleg is folyik külszíni bányászata Visonta és Bükkábrány térségében, éves szinten 9 millió tonna (65,1 PJ) lignitkitermeléssel (Eurostat 2011b). Az ország utolsó mélyművelésű szénbányája Márkushegyen 2012-ig működhet még, az innen származó barnakőszén felhasználó oroszlanói Vértesi Erőmű pedig 2014-ig (MVM 2011).

Ismert szénhidrogén-készletünk nagy része az Alföldön illetve Zala megyében található, ám – az egyébként üzemanyag-előállítás szempontjából rendkívül kedvező minőségű – **kőolajkészletek** a hazai igények csak töredékét elégítik ki és az előrejelzések szerint már csak egy évtizedig elegendőek. **Földgázkészletünk** szintén nem számottevő, a kitermelés bruttó 106,4 PJ energiameennyiségnek megfelelő volt 2009-ben (Eurostat 2011b) ami az éves felhasználás 17-18%-a (MOL é.n.).

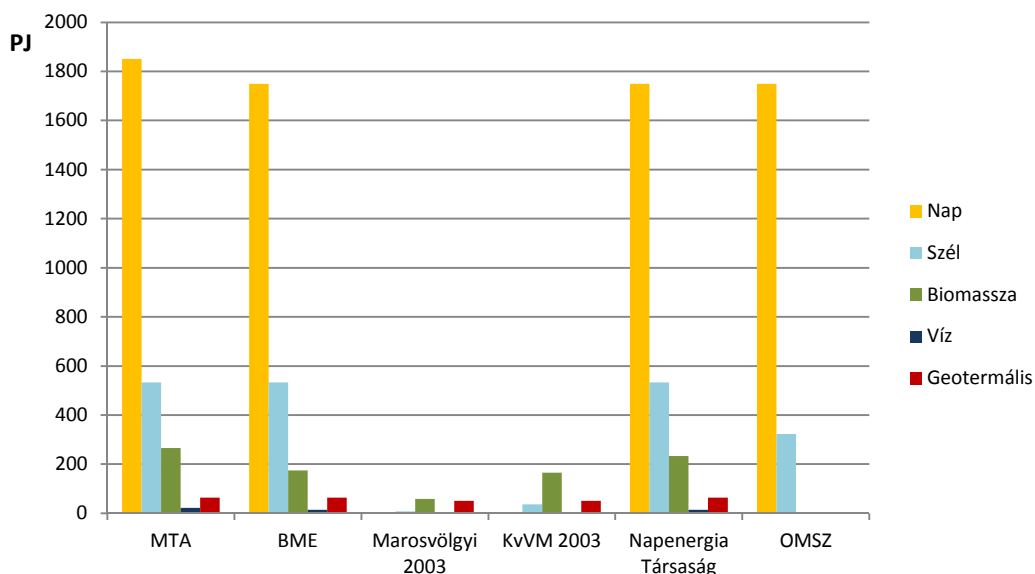
Uránérc-bányászat a mecseki kitermelés megszűnte után ma már nem zajlik Magyarországon, de az emelkedő világpiaci árak miatt, újabb technológiák alkalmazásával a közeljövőben még újraindulhat a kitermelés.

A fentiek alapján látható, hogy Magyarország a jelenlegi helyzetben igen jelentős energiahordozó-importra szorul. A források diverzifikációja pedig rendkívül lassan halad, az energiahordozó-import mintegy kétharmada még mindig egyetlen forrásból, Oroszországból érkezik. A földgáz-ellátás terén a legtarthatatlanabb a helyzet: az import Ukrajnán át a Testvériség és Ausztrián át a HAG vezetéseken érkezik, azonban mindkét irányból orosz földgázt vásárolunk, ami hozzávetőlegesen 70%-át jelenti teljes földgázfogyasztásunknak (MOL é.n.). A jövőben a tervezett Nabucco földgázvezeték hozhat változást az importszerkezetben, azonban azt is figyelembe kell venni, hogy az ellátásbiztonsági problémákat az újabb kőolaj- és földgázvezetékek illetve -tározók csak időlegesen enyhítik, hiszen a nemzetközi energiaárak folyamatosan nőnek, és ez a folyamat a készletek megfogyatkozásával csak tovább fokozódik.

A **megújulóenergia-potenciálok** hazai értékeiről ma még csak megközelítő becslések állnak rendelkezésre, melyek között nagyságrendi eltérések is találhatók (14. ábra; 15. ábra és 2. táblázat). A technikai potenciál értéke – a különböző becslések alapján – az összes megújuló energiaforrásra 500 és 1300 PJ között mozog (Energia Klub 2006).



14. ábra: A hazai megújuló energiaforrások elméleti potenciálja különböző tanulmányok alapján, energiaforrások szerint (Energia Klub 2006 adatainak felhasználásával)



15. ábra: A hazai megújuló energiaforrások elméleti potenciálja különböző tanulmányok alapján, szerzők szerinti bontásban (Energia Klub 2006 adatainak felhasználásával)

A fenti ábrák alapján megállapítható, hogy Magyarországon a nap- és szélenergia a legjelentősebb megújuló energiaforrások (15. ábra). A hazai döntéshozatal azonban a harmadik oszlopban látható Marosvölgyi-féle potenciálbecsléseken alapul(t), amely a biomassza és a geotermikus adottságok mellett szinte elenyészőnek vette a többi megújuló potenciált. A fenti ábrák alapján még inkább kitűnik, hogy a megújuló potenciálok becsült értékei jelenleg igencsak kaotikusak, így szükség van egy átfogó, a különböző megújuló-lobbiktól független becslés készítésére.

PJ/év	Napenergia			Szél	Biomassza		Víz	Geotermális	Hulladék	Összes	Reális
Szervezet	Nap-kollektor	Napelem	Passzív nap		Szilárd	Gáz					
MTA	64,7	1749	37,8	532,8	203,2-328		14,5 + 8	63,5		2665-2790	405-540
BME	1749			533	56-63	70-160	14	63		2485-2582	994-1291
Marosvölgyi 2003	4			7,2	58		5	50		124,2	
KvVM 2003	3,6			1,3	165,8		1,2	50	5	226,9	36*

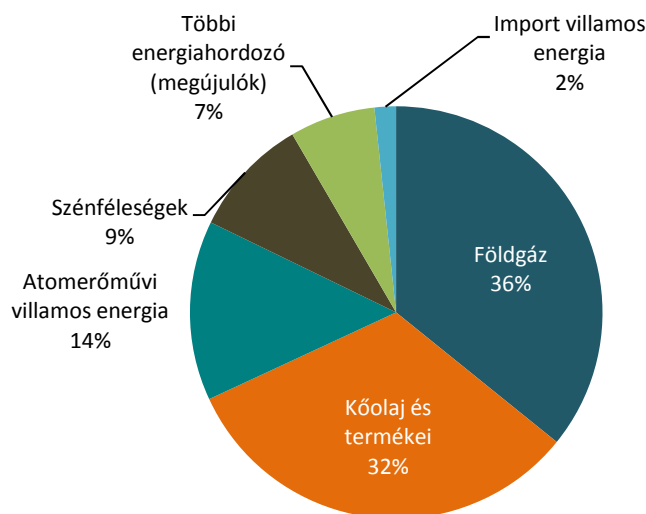
Napenergia Társaság	1749	533	233	14	63		2582	
OMSZ	n.a.	323,4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		204,7**

2. táblázat: A hazai megújuló energiaforrások elméleti potenciálja különböző tanulmányok alapján, (Energia Klub, 2006 adatainak felhasználásával) *KvVM körny. és termvéd. pot. 2005-2006, csak szél; ** csak szél

A megújuló energiaforrások hazai helyzetét és az általunk becsült potenciálokat a későbbi fejezetek mutatják be részletesen.

Elsődleges energiafelhasználás

Hazánk teljes elsődleges energiafelhasználása 2009-ben 1191,6 PJ volt, melyből a végső felhasználás 1055,8 PJ (KSH 2010a). A legtöbb energiát a háztartások fogyasztják, a második legnagyobb felhasználó a közlekedés-szállítás és csak a harmadik a sorban a korábbi évtizedek nagyfogyasztója, az ipar. Az energiaforrások szerkezetében (16. ábra) a **szénhidrogének dominálnak**, ezen belül is a földgáz, amelynek mind az áram-, mind a hőtermelésben kiemelkedő szerepe van, felhasználása évek óta egyre jelentősebb. A kőolaj-felhasználás ma már leginkább a közlekedés üzemanyagigényét elégíti ki.



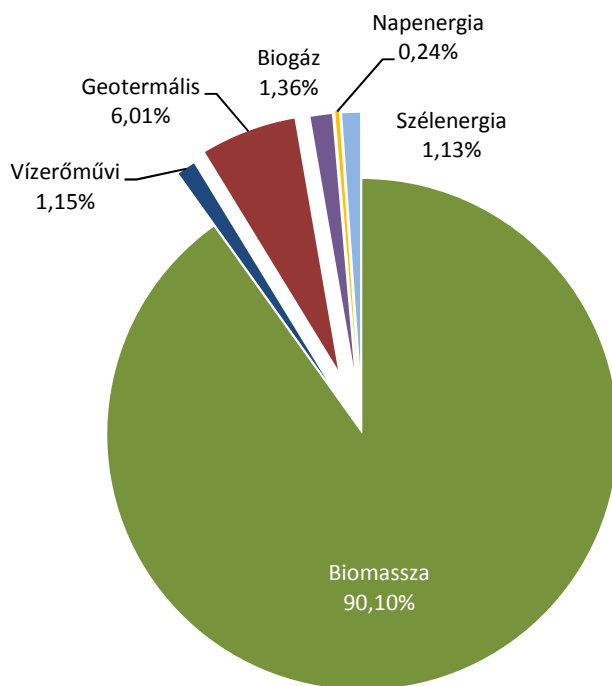
16. ábra: Az energiaforrások szerkezete Magyarországon 2009-ben (Energia Központ 2011)

A hőpiac energiaforrás-felhasználásában a földgáz szerepe a legmeghatározóbb (kb. 75%). Ennek oka a felhasználás magas komfortja, és a jelentős állami támogatásnak köszönhetően eddig kedvező ára. A távhő esetében sok településen önálló „szigetüzemi” rendszerek működnek. A távhőnek felhasznált tüzelőanyag több mint

80%-a földgáz, a megújulóok részaránya csak 1,5% (KSH 2009). Eddig még nem támogatják a megújulóok felhasználását a hőtermelésben, de az EU már 2006-ban célul tűzte ki a „megújuló hő” irányelvet.

Fontos kiemelni a **közlekedés és szállítás** hazai energiafelhasználását is, amely a háztartások után a legtöbb energiát fogyasztja – ez a hazai végső energiafelhasználás több mint negyedét jelenti (KSH 2011a). A közlekedési módok között a legnagyobb volumenű és folyamatosan növekvő arányú **közúti** személy- és áruszállítás. Következmenyei többek között a kőolaj-behozatal miatti importfüggőség (az összes behozott energiahordozó 45-50%-a) és a fokozódó környezetszennyezés. Sajnos évek óta negatív tendencia a vasúti személy- és áruszállítás arányának lassú csökkenése, pedig fenntarthatósági szempontból pont ez a helyközi közlekedési mód lenne a legkedvezőbb – ennek ellenére az áruk 72%-át közúton (és csak 16%-át vasúton) szállítják, sőt belföldi viszonylatban a közút aránya már 90% (KSH 2011b)! A nemzetközi személyszállítást tekintve a repülés dominál, ami szintén kedvezőtlen helyzetet jelent (KSH 2010b).

A **megújuló energiaforrások** tekintetében mindeztáig általános szakmai vélekedésként fogalmazódott meg a hazai természeti adottságok kedvezőtlen mivolta, és ez határozta meg a fejlesztési és támogatási források allokálását is. Ennek eredményeképpen **arányuk a teljes energiafogyasztásban mindössze 7,3%** (Eurostat 2011b), amivel a sereghajtók között sikerült stabil helyet biztosítani magunknak. A megújuló energiaforrások közül a **biomassza** a meghatározó, ennek közvetlen tüzelőanyagként (tűzifa) történő felhasználása dominál (**17. ábra**) – főleg a háztartási fatüzelés reneszánszának és az centralizált erőművi felhasználásnak köszönhető. A tűzifa-felhasználás a két nagy fogyasztó között éppen fele-fele arányban oszlik meg, vagyis 50%-ban hőtermelésre, 50%-ban áramtermelésre használjuk (ez utóbbi téren a rossz hatásfok miatt csak sajnos töredéke hasznosul). Biomassza eredetű hőenergiát főként fűtésre és meleg víz előállításra használunk, felhasználásában a háztartások vezetnek (24 PJ) és csak ez után jön az ipar (7,5 PJ) és a mezőgazdaság (0,6 PJ) (Eurostat 2011).



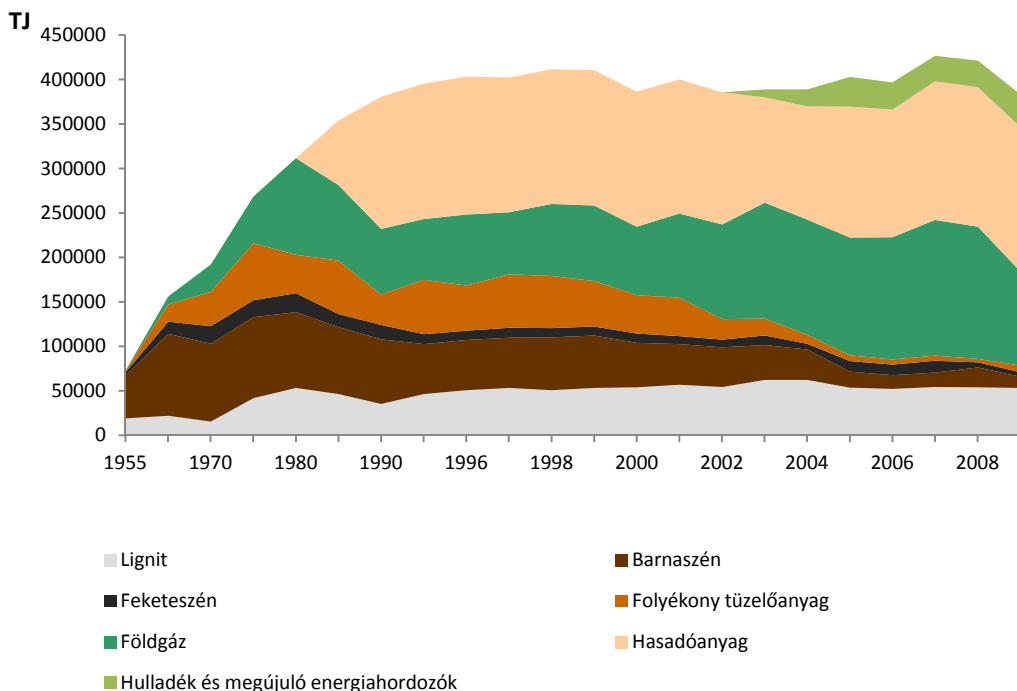
17. ábra: A megújuló energiaforrásokból termelt primer energia megoszlása 2008-ban
(Adatok forrása: KSH 2011a, Eurostat 2010b)

Villamos energia

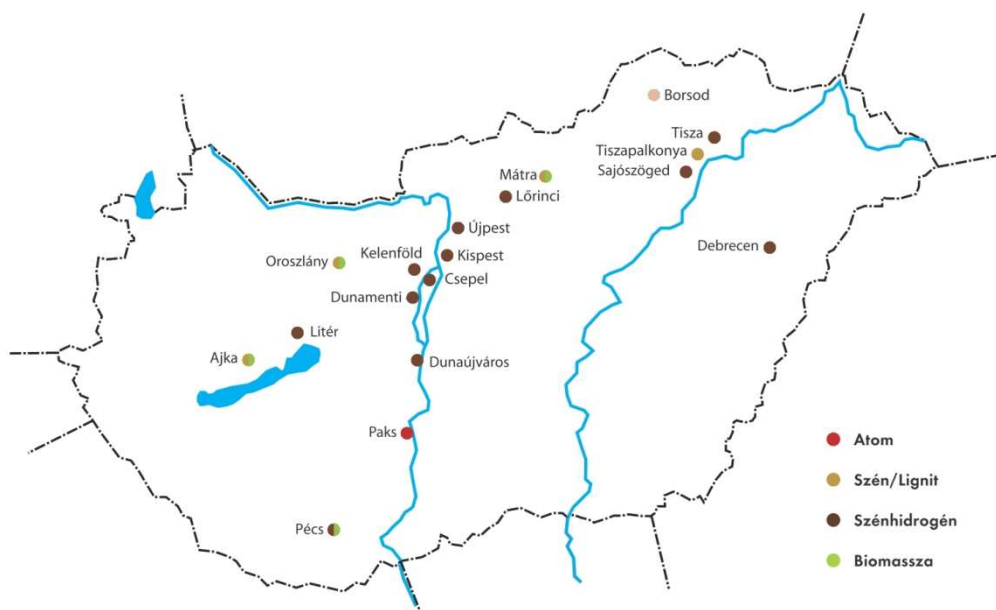
Enyhén növekvő tendencia után az utóbbi években Magyarország 50-54 TWh villamos energiát fogyasztott, mely a válság hatására 2009-re 47 TWh-ra – **169,2 PJ-ra** – esett vissza. Hazánkban a megtermelt villamos energia közel megegyezik az igényekkel, emellett a felhasználás kb. 30%-ának megfelelő villamos energiát vásárolunk a szomszédos országoktól és nagyjából feleennyit adunk el a nemzetközi energiapiacra (KSH 2010a). A hazai termelés forrásmegoszlása az utóbbi húsz évben jelentősen átalakult (18. ábra):

- a fogyatkozó hazai barna- és feketeszén-készletek következtében a szénfélések közül mára a lignit felhasználása a legjelentősebb;
- a világpiaci árak növekedése miatt a kőolaj és termékeinek felhasználása a villamosenergia-termelésben visszaszorult;
- a földgáz szerepe kedvező szállíthatósága és szabályozhatósága miatt a villamosenergia-termelésben is folyamatosan nő;
- az ezredforduló utáni években nőtt a megújuló energiaforrások felhasználása, részarányuk azonban még csak 7% körüli (MAVIR 2011).

A magyarországi erőművek beépített kapacitása 2010-ben 9317 MW volt, ebből a rendelkezésre álló teljesítmény 8412,7 MW (MAVIR 2011). A villamosenergia-termelés döntően centralizált, alacsony hatásfokú, elavult hőerőművekben és a Paksi Atomerőműben történik, amely – ugyancsak igen jelentős energiavesztés árán – egymagában a villamosenergia-ellátás 37%-át (MAVIR 2011) biztosítja.



18. ábra: A hazai erőművek energiahordozó-felhasználása 1955-től 1995-ig között öt éves, 2009-ig éves bontásban [TJ] (Adatforrás: MEH-MAVIR 2010)



19. ábra: Nagyerőművek (50 MW felett) Magyarországon (MAVIR 2011 árbája nyomán)

A hazai villamosenergia-rendszer egyik aktuális problémáját rugalmatlansága jelenti. Emiatt jelenleg az időszakosan működő megújuló energiaforrásokat csak korlátozottan képes befogadni a villamosenergia-hálózat. A nagy kérdés a korlátozottság mértéke, hiszen a külföldi tapasztalatok alapján a hazainál két nagyságrenddel nagyobb szélenergia részarány esetén is képesek működtetni a villamosenergia-rendszert. Az objektív akadályok részben világosak: a nem szabályozható erőművek aránya a rendelkezésre álló teljesítmény állandó értékéhez viszonyítva 64% (MAVIR 2011), melyben nagy szerepe van a Paksi Atomerőműnek és egyes szén-erőműveknek (3. táblázat), ahol a technológia vagy a leszabályozás költségessége nem teszi lehetővé, hogy megfelelően részt vállaljanak a menetrendtartásban. Ugyanakkor a világ minden táján a hazaihoz hasonló centralizált energiarendszerek működnek, ennek ellenére – ahol erre valóban komoly szándék van – képesek a hazainál akár 100-szor nagyobb részarányban is befogadni a szélenergia erőművek által termelt áramot.

	Beépített teljesítmény (MW)	Rendelkezésre álló teljesítmény (MW)	Szabályozhatóság mértéke		Energiaforrás
			(MW)	(%)	
Paks	2000	2000	100	5	nukleáris
Dunamenti F	1290	860	660	77	szénhidrogén
Mátfa	950	920	410	45	lignit+biomassza, szénhidrogén
Tisza	900	900	700	78	szénhidrogén
Dunamenti GT	446	446	238	53	szénhidrogén
Csepel	410	395,1	231	58	szénhidrogén

Oroszlány	240	180	66	37	szén+biomassza
Tiszapalkonya	200	125	41	33	szén
Kelenföld	190,9	187,4	135	72	szénhidrogén
Lőrinci	170	170	110	65	szénhidrogén
Borsod	136,9	136,9	0	0	szén+biomassza
Pécs	132,5	37,5	0	0	szénhidrogén, biomassza
Litér	120	120	70	58	szénhidrogén
Sajószöged	120	120	70	58	szénhidrogén
Kispest	114	116	75	65	szénhidrogén
Újpest	110	110	75	68	szénhidrogén
Ajka	101,6	48	0	0	szén, biomassza
Bánhida	100	0	0	0	szénhidrogén
Debrecen	95	95	25	26	szénhidrogén
Dunaújváros	69	69	0	0	szénhidrogén
Nagyerőművek	7895,9	7036	3006	43	
Kiserőművek	1421,1	1377	55,9	4	
Összes hazai	9317	8413	3061,9	36	

3. táblázat: Hazai nagyerőművek villamos teljesítménye, szabályozhatósága (2010) és a felhasznált energiaforrás típusa (2009) (Adatforrás: MEH-MAVIR 2010, MAVIR 2011)

A villamosenergia-rendszer másik fő gyengesége az alacsony fokú hatékonysága. Az uniós csatlakozás után számos elavult erőművet állítottak át biomassza-(együtt)tűzelésre, ezek jelenleg is csupán 28-30%-os hatásfokkal működnek (Energia Központ 2009) – ami leginkább a Paksi Atomerőmű 33%-os hatásfokával vethető össze – vagyis a kivágott és eltűzelt fában rejlő energia 70-72%-a hulladékhőként távozik a környezetbe. A helyzetet némileg javítják a **kapcsolt energiatermeléssel** működő erőművek, amelyek 70% fölötti hatásfokot is elérnek. Viszont itt is kulcskérdés, hogy a – villamos energiához képest 2-3-szoros mennyiségben – keletkező hőenergiát értelmes célra lehessen fordítani, ami különösen nyáron jelent problémát. A kapcsoltan megtermelt villamos energia részaránya az utóbbi évtizedben jelentősen nőtt: 1998-ban 10,3%, 2008-ra viszont már 21,5%-ra emelkedett (Energia Központ 2010). A növekedés motorja az volt, hogy a kapcsoltan termelő erőművek is részesülhetnek kötelező átvételi támogatásban (KÁT), ez a rendszer azonban 2011-től megszűnik (MEH 2011).

A termelés oldali hatékonyság tehát még sok tekintetben fejleszthető, és ugyanez igaz a rendszerveszteségekre (erőművi önfogyasztás, hálózati- és transzformátorveszteség) is, amely a hazai áramtermelés 16-17%-át teszi ki évente (KSH 2010a).

Összességében sokat elárul a villamos energiarendszer jelenlegi állapotáról az a tény, hogy – többek között – a túlzottan centralizált, nagy szállítási távolságokkal megküzdési kénytelen rendszer és az elavult erőművek működtetésének következményeként a hazai **energiaintenzitás** (egységnyi hazai össztermék előállítására fordított energiamennyiség) még mindig **az uniós átlag 2,5-3-szorosa** (Dióssy L. 2008).

Források:

Dióssy L. (2008): A kormányzat felelőssége a megújuló energia források hasznosításában. Prezentáció, elhangzott a 2008. augusztus 27.-i Farmer-Expo konferencián, 24 dia. (letöltve: 2011. 07. 01.)

<http://www.bitesz.hu/dokumentumtar/konferenciak/dr-diossy-laszlo-eloadas20080827/download.html>

E.ON (2011): A Gönyúi Erőmű. (letöltve: 2011. 07. 20.)

<http://www.eon-hungaria.com/vallalat/e-on-eromuvek/gonyui-eromu>

Energia Klub (2006): Klímapolitika. Civil szakértői tanulmány a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiához. 103 p. (letöltve: 2011. 07. 18.)

http://klima.kvvm.hu/documents/14/NES_civilszakerto.pdf

Energia Központ (2009): Energiahatékonysági politikák és intézkedések Magyarországon. 57 p. (letöltve: 2011. 07. 11.)

http://www.energiakozpont.hu/download.php?path=files/energiastatisztika/ODY2009_zaro.pdf

Energia Központ (2010): A hasznos hőigényen alapuló kapcsolt energiatermelés belső energiapiacra való támogatásáról és a 92/42/EGK irányelv módosításáról szóló 2004/8/EK irányelv szerinti adatszolgáltatás. 21 p. (letöltve: 2011. 07. 18.)

<http://www.energiakozpont.hu/download.php?path=files/energiastatisztika/kapcsoltstatisztika100106.pdf>

Energia Központ (2011): Energiaforrások szerkezete, 2000-2009. (letöltve: 2011. 07. 17.)

<http://www.energiakozpont.hu/download.php?path=files/energiastatisztika/Energiaforrasok-szerkezete.pdf>

Eurostat (2010): Energy. Introduction. (letöltve: 2011. 07. 20.)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>

Eurostat (2011a): Energy dependence. (letöltve: 2011. 07. 20.)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1EU27&language=en&pcode=tsdcc310>

Eurostat (2011b): Energy Balance Sheets 2008-2009. Eurostat Statistical Books. 528 p. (letöltve: 2011. 07. 13.)

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-11-001/EN/KS-EN-11-001-EN.PDF

KSH (2010a): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok - 3.8.2 Villamosenergia-mérleg (letöltve: 2011. 07. 20.)

http://portal.ksh.hu/portal/page?_pageid=37,594828&_dad=portal&_schema=PORTAL

KSH (2010b): Jelentés a szállítási ágazat helyzetéről, 2009. (letöltve: 2011. 07. 23.)

<http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/jelszall09.pdf>

KSH (2011a): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok - 3.1.2. Energia (2000–2008). (letöltve: 2011. 06. 20.)

http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/thm/3/indi3_1_2.html

KSH (2011b): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok - 4.6. Szállítás, közlekedés (2001-2010). (letöltve: 2011. 07. 23.)

http://portal.ksh.hu/portal/page?_pageid=37,598241&_dad=portal&_schema=PORTAL

MAVIR (2011): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) adatai 2010. 28 p. (letöltve: 2011. 06. 21.)

http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=bfd0a8f9-6ef4-4bcd-bf70-bf9d955b2c9d&groupId=10258

MEH (2011): A Magyar Energia Hivatal honlapja. Aktualitások. (letöltve: 2011. 06. 18.)

<http://www.eh.gov.hu/>

MEH-MAVIR (2010): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2009. évi statisztikai adatai. 71 p. (letöltve: 2011. 06. 21.)

www.eh.gov.hu/gcpdocs/201011/ver_2009_evi_statisztikai_adatai.pdf

MOL Nyrt. (é.n.): Tények a földgázról. A földgáz felhasználása és forrásai. (letöltve: 2011. 07. 18.)

<http://www.mol.hu/gazkerdes/szallitas.html>

MVM (2011): Sajtóközlemények: Jogerőre emelkedett a Vértesi Erőmű csődegyezsége, biztosított a zavartalan működés. (letöltés: 2011. 07. 20.)

http://www.mvm.hu/engine.aspx?page=showcontent&content=vert_sajtokozlemeney_2011_07_11

4. A Vision 2040 Hungary 1.2 energia-forgatókönyv (Munkácsy Béla)

Ebben a fejezetben a munkacsoportunk által 2010. február és 2011. augusztus között végzett kutatási munka eredményének összefoglalása olvasható. A fejezet angol címe arra utal, hogy az **INFORSE-Europe** tevékenység részt vállalt ennek elkészítésében, hiszen egyfelől szakértői – a projekthez kötődően – előadásokat tartottak az **ELTE TTK Tervezés és stratégia az energiagazdálkodásban** illetve a **Fenntartható közösségek – autonóm rendszerek** című kurzusain, másfelől a szükséges szoftveres elemzéseket is ők végezték.

Előljáróban le kell szögeznünk, hogy a forgatókönyv készítésekor számos olyan peremfeltételt kellett meghatározni, amelyre vonatkozóan csak durva becsléseket tehettünk. Az egyik ilyen lényeges szempont az, hogy vajon mekkora népességet kell energiával ellátnunk. Ebben a kérdésben ugyan hagyatkozhatnánk a jelenleg hozzáférhető statisztikai adatokra, illetve ezek extrapolálása révén juthatnánk olyan következtetésre, hogy hazánk lakosainak száma a továbbiakban is csökkenni fog, ám globalizált világunkban hiba volna eltekinteni a gyorsan változó külső körülményektől. Így például a jövőben – a globális (ökológiai) válság kiszélesedése okán – várhatóan egyre nagyobb számú politikai-, gazdasági- és környezeti menekült (köztük klímamenekültek) megjelenésére kell számítanunk. Ennek tükrében úgy ítéltük meg, hogy a lakosság létszámának csökkenésével nem számolunk, hanem egy dinamikusan változó, de alapvetően mégis állandó értéket, **10 milliós népességet** veszünk figyelembe.

Ugyancsak lényeges tényező az ipari vagy a mezőgazdasági **termelés szintjének meghatározása**. Forgatókönyvünkben azzal a feltételezéssel élünk, hogy ezek a mutatók 2030-ig növekedő értéket mutatnak majd, azután kismértékű csökkenéssel számoltunk. A növekedés nem feltétlenül annak tudható be, hogy egy fenntartható gazdasági és társadalmi rendszer létrehozása többlet befektetéseket és erőforrásokat igényel, hiszen ezek jelenleg használatos más megoldásokat váltanak ki – sokkal inkább azt feltételeztük, hogy jelenlegi növekedésközpontú paradigma leváltása reálisan addigra történhet meg. Ennek a változásnak az elméleti megfogalmazása már 40 esztendővel ezelőtt megtörtént, hiszen a Római Klub 1972-ben publikált **A növekedés határai** című munkája világosan figyelmeztetett a véges erőforrásokkal rendelkező földi rendszerben az efféle folyamatok korlátosságára. Jelenleg ott tartunk, hogy ezek a gondolatok politikai dokumentumokba is kezdenek beszivárogni, így például az Európai Unió 2001-ben kiadott 6. Környezetvédelmi Akcióprogramjában már az alábbi, kissé ellentmondásosnak tűnő megfogalmazással találkozhatunk: *„biztosítani kell, hogy a megújuló és a nem megújuló erőforrások fogyasztása ne haladja meg a környezet eltartóképességét. El kell érni az erőforrások felhasználásának elválasztását a gazdasági növekedéstől, jelentősen javított erőforrás-hatékonysággal, a gazdaság dematerializálásával és a hulladék keletkezésének megelőzésével”* (kiemelések a szerkesztőtől). A növekedésellenes irányzat térnyerése az élet számos területén is tetten érhető. Egyre nagyobb számú közösség csatlakozik például a **Lassú Városok Kartájához**, melynek célja, hogy olyan városhálózatot hozzanak létre, amelyben nem a gazdaság növekedése, hanem az élet minősége a fontos. A forgatókönyvünkben a különféle termelési folyamatokban 2030-tól bekövetkező csökkenés már a fenti felismerések eredményeképpen jelenik meg.

4.1 A vizsgálatunk módszerének bemutatása (Gunnar Boye Olesen)²

A modern társadalmaknak éppen úgy szüksége van az energiára, mint az ivóvízre. Az energia azonban óriási távolságokat tehet meg (persze legújabbban – eléggé el nem ítélt módon – palackozott formában az ivóvíz is), és van még egy lényeges jellemzője: a különböző energiatípusok sok esetben könnyedén helyettesíthetők egymással. Az is egy adott társadalom működésének leírására szolgál, hogy az mennyi energiát használ fel. A társadalom energiaáramának egyik fő meghatározója a mindennapi életben meghozott ezernyi döntés:

- az energiatermelők döntései;
- az energiaszolgáltatók döntései;
- az energiát felhasználók, az energiaszolgáltatásokat igénybe vevők döntései;
- és nem utolsósorban a politikusok döntései, melyekkel keretet szabnak az energiarendszerek működésének.

A **mai energiarendszer** főként politikai döntések eredményeként jött létre. Például az, hogy Magyarország rendelkezik atomerőművel, míg a nála jóval gazdagabb Ausztria nem, jól érzékelteti, hogy ez csupán politikai elhatározások kérdése. A második világháború idején például Svájc politikai döntést hozott és jelentős erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy energetikai értelemben is függetlenítse magát. Ezt akkoriban a háborús helyzet és a kiszolgáltatottságból való menekülés igénye követelte meg, és ezért talán nem is használható minden tekintetben követendő mintaként. Azonban maga az elképzelés figyelemre méltó – különösen napjainkban, amikor az olcsó olaj, gáz és szén időszaka a végéhez közeledik. Az elkövetkezendő években a jelenleg használatban lévő energiaforrások fogyasztói árának folyamatos és sok esetben jelentős mértékű növekedésével kell számolnunk. Megfelelő politikai döntések hiányában minden állam és háztartás jövedelmeinek egyre nagyobb részét lesz kénytelen energiahordozókra költeni, és így – talán nem is olyan sokára – eljön az az idő, amikor majd szükségből kényszerülünk energiaigényeink csökkentésére. Már ma is érzékelhető, hogy egyre nagyobb azon családok köre, akik nem képesek háztartásuk energiaköltségeinek fedezésére. Ennél fogva itt az idő, hogy végre megmutassuk, milyen más lehetőségek kínálóznak valós igényeink kielégítésére.

Az energiaellátás és az energiaszükségletek elemzése

Egy energia-forgatókönyv felállításánál az első lépés a jövőben várható energiaigények vizsgálata. A vizsgálat múltbéli trendek elemzésével, illetve olyan más, a jövőbeli társadalom életének valószínűsíthető jellemzőivel foglalkozó scénáriók segítségével történhet, mint például a gazdaság teljesítményének vagy a népesség számának előrejelzése. A jövőbeli trendek meghatározására a Vision Hungary 2040 forgatókönyvünkben – akár csak az INFORSE korábbi scénárióinak esetében – az **energiszolgáltatások** elemzését hívtuk segítségül:

- fűtött alapterület (m^2);
- hőenergia szükséglettel járó ipari folyamatok (a termékek tonnában meghatározott mennyisége alapján);
- villamosenergia-szükséglettel járó ipari folyamatok (a termékek tonnában meghatározott mennyisége alapján);
- mezőgazdasági termelés (tonna);
- személyszállítás (utaskilométerben mérve);
- áruszállítás (áru-tonnakilométerben mérve).

Az energiaszolgáltatások iránti igények felmérése után, az egységnyi energiaszolgáltatáshoz szükséges energiamennyiség alapján meghatározható a valós energiaszükséglet. Például: a fűtési igény megegyezik a fűtött

² fordítás: Szabó Dániel és Munkácsy Béla

terület méretével és az egy négyzetméternyi terület fűtéséhez szükséges energiamennyiség szorzatával. Ahogy a fűtendő terület mérete és az energiafogyasztás változik, úgy változik a hőenergia szükséglet is.

Ezek után a következő lépés az energiaszolgáltatások iránti igények jövőbeli alakulásának meghatározása. Ezek az előrejelzések is elkészíthetők a múltbéli trendek vizsgálatával, de a társadalomban bekövetkező várt vagy elvárt változásokat is figyelembe vehetjük. A magyar Szenárió elkészítésében részben a múltbéli trendek vizsgálata (így például a fűtött alapterület növekedése), részben az ipar, a mezőgazdaság és a közlekedési szektor várt fejlődése játszott szerepet. Döntésünk értelmében **a gazdasági növekedést nem tekintettük az energia-szükségletek fő mozgatórugójának**. Ennek egyik oka, hogy – Ernst Friedrich Schumacher és Kenneth E. Boulding nyomán – nem is feltétlenül számoltunk a gazdaság növekedésével, hiszen véleményünk szerint nem szól meggyőző érv amellett, hogy a gazdasági növekedés a jövő szempontjából járható út volna. A másik ok a technológiában rejlik. Például a technológiaigényes ipari termékek általában drágábbak, viszont előállításuk nem feltétlenül jár magas energiaigénnyel. Ennél fogva a fejlett ipari termelésen alapuló gazdasági növekedés nem jár az energiaszükségletek növekedésével. Egy másik példában az épületek energetikai felújításával összefüggő gazdasági növekedés az energiaszolgáltatások szükségletében (vagyis, hogy milyen beltéri hőmérsékletet igénylünk) nem hoz változást, azonban az épületek hőenergia-igénye kifejezetten csökkenő tendenciát mutat.

Így tehát csak a politikai döntéseken múlik, hogy egy ország az ipari fejlesztés útját (a termelés fejlesztésével), az épületállomány fejlesztést (a felújításokra elkülönített keretek segítségével), és/vagy a közlekedés fejlesztését (utak építésével, az emberek munkahelyüktől távolra költözésének ösztönzésével) tartja fő célkitűzésének.

A Vision Hungary 2040 forgatókönyvünkben a háztartásokhoz, a mezőgazdasághoz, négy ipari ágazathoz (és külön az építőiparhoz), a szolgáltatói szektorhoz, négy közlekedési módhoz (közút, vasút, hajózás, csővezeték), valamint az energiaszektorhoz és a fosszilis energiaforrások bányászatához köthető energiaszolgáltatások változását vizsgáltuk. A helyhez kötött ágazatok esetén az igényeket hő- és üzemanyag-szükségletekre (üzemanyagokkal és távfűtéssel fedezve) és villamosenergia-szükségletekre osztottuk. A közúti és vízi közlekedés/szállítás esetén az energiaszolgáltatások szükségletei a személyszállítás és a teherfuvarozás igényei szerint lettek megbontva. A rövid távú trendek megállapítására – például az épületállomány és a közlekedés esetében – a múltbéli változások alapján került sor, míg a hosszabb trendek vizsgálata olyan előre meghatározott fejlődési utak szerint történt, mint például a több esetben is alkalmazott lassuló növekedés 2050-hez közeledve.

Az energiaszükségletek az egységnyi energiaszolgáltatáshoz szükséges energiamennyiség alapján számíthatók ki. Az egységnyi energiaszolgáltatáshoz szükséges energiamennyiség köthető az energiahatékonysághoz, hiszen minél kisebb a szükséges energiamennyiség, annál nagyobb a hatékonyság. Ennél fogva a következő lépés az energiahatékonyság jövőbeli alakulásának meghatározása.

A Szenárió tartalmazza:

- az energiahatékonyság lehetőségeinek megjelenését a villamos energia vagy a fűtés tekintetében. Ebben az esetben a fő szektorokra vonatkozó becslésekkel (mint például a fűtési hőigény, a háztartások villamosenergia-használata vagy az ipar energiaigénye) számolunk;
- az energiaforrás kiváltásából fakadó lehetőségét, hiszen például a folyékony üzemanyagokról a villamos energiára való áttéréssel már önmagában elérhető a négyes hatékonysági tényező a közlekedési szektor esetében. Ahogyan az elektromos motorok energiahatékonysága négyszer jobb, mint a belsőégésű motoroké, úgy a fűtés esetében a hőszivattyúk jelenthetnek áttörést, hiszen ezekkel az energiafelhasználás azonnal a felére vagy harmadára csökkenthető – hiszen a fennmaradó hőenergiát a környezeti hőből nyerjük. Más kérdés, hogy így meg a legértékesebb másodlagos energiaforrás, a

villamos energia intenzív felhasználásával nyerünk hőt, ami nem minden esetben szerencsés megoldás.

Tehát az energiaszükségletekkel kapcsolatos számítások véglegesítéséhez az **energiaforrások jövőbeni változásának** is meg kell jelennie. Az energiaforrások változásának becslését a jövőben követendő politikák alakulásának elemzésével kapjuk – ugyanakkor lényegesnek gondoljuk azt is leszögezni, hogy lehetőség van a szakpolitika befolyásolására is (hiszen ezen kiadványunknak is ez az egyik nem titkolt célja). Természetesen az energiaforrások megoszlására hatással vannak az átváltozások és technológiai fejlesztések is, de ezek hatása nem mérhető a politikai, szabályozási eszközök hatásához. Az előbbiekre vonatkozóan az egyes energiaforrások tekintetében évtizedenként kb. 30%-os felhasználás-növekedéssel vagy -csökkenéssel számolhatunk. A politikai/szabályozási eszközök ennél akár nagyobb lépésekre is alkalmat adnak.

A fentiek figyelembe vételével a már említett tizenhárom szektorra lebontva, illetve külön vizsgálva a villamosenergia-, a fűtési- és az üzemanyagigényt az energiaigények változásának scenáriója teljessé válik. A kész elemzés öt éves bontásban, 2000-től kezdődően mutatja be a változások menetét. A 2000-es, 2005-ös és a 2010-es adatokat hivatalos statisztikák alapján határoztuk meg: részben nemzeti statisztikákat, illetve a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) adatait használtuk a 2000 és 2010 közötti évekhez.

A megújuló energiaforrások alkalmazási lehetőségeinek figyelembe vétele

Fontos eleme egy energiascenáriónak a megújuló energiaforrások jövőbeli helyzetének meghatározása. Ehhez az alapot az egyes energiaforrásokhoz tartozó potenciálok kiszámítása adja. A potenciált minden egyes megújuló energiaforrás esetében, sőt több különböző technológiára vonatkoztatva külön-külön ki kellett számolni. A pontosabb eredmények megállapítása érdekében több esetben (pl. szél, nap, biomassza) saját számításokat és térinformatikai elemzéseket kellett végeznünk. Ezt követően a telepítés ütemének meghatározása a következő feladat. A fejlődés menete két lépcsőben határozható meg: először a maximális fejlődés mértéke számítandó ki, majd ezt lehet csökkenteni a szükségletek által megszabott határok szerint.

Az ellátás és a szükségletek összeegyeztetése

A telepítendő megújuló energiakapacitásoknak ki kell elégíteniük a tizenhárom szektor energiaigényeit, illetve a hő- és villamosenergia termelés arányait szükséges figyelembe venni. A megújuló energiák alkalmazásának minden szektorban ésszerűen kell történnie: a napenergia fűtési célú felhasználása szektortól függően nem lehet magasabb egy bizonyos szintnél – hiszen különben gondot okoz a nyári időszakban keletkező hatalmas mennyiségű hőenergia ésszerű felhasználása. A távfűtés aránya néhány szektorban akár magasabb lehet, de szintén ésszerű növekedésre van szükség, hiszen figyelembe kell venni, hogy a hálózat hossza – a törvényszerűen jelentkező hővesztések miatt – nem lehet korlátlan. A fentiek figyelembe vételével a megújuló energiák használata minden szektorban fokozatosan növekszik, egészen addig, amíg az atomenergia és minden fosszilis energiaforrás felhasználása szükségtelenné nem válik.

Az ellátás és a szükségletek összeegyeztetése csak az energiatárolás különféle módszereinek alkalmazásával lehetséges, így például 2040-től már a – villamos energia egyfajta tárolási lehetőségeként értelmezhető – hidrogén kereskedelmi léptékű megjelenésével is számoltunk. Az átalakítás kapcsán 70%-os konverziós tényezővel számoltunk, ugyanakkor a fennmaradó 30%-ból annak mintegy felét gondoljuk reálisan hasznosíthatónak, ezt a (táv)fűtési igények fedezésére állítottuk be.

Mindeközben azt is figyelembe kell venni, hogy az erőművek hatékonysága is folyamatosan növekszik. A jövőben a kogenerációs erőművek építése élvez elsőbbséget, bár szükségszerűen továbbra lesznek csak

villamosenergiát vagy csak hőenergiát termelő rendszerek (gondoljunk például a szélérőművekre vagy a napkollektorokra).

A scenárió későbbi éveiben a villamosenergia-termelés több mint felét szélturbinák és napenergiás alkalmazások biztosítják. Ez mindenképp egy flexibilis energiarendszert, rugalmas igényeket és nem utolsósorban energiatároló kapacitásokat (például szivattyús víztározókat) igényel. A rugalmas energiaigények és a hatékonyság növelése érdekében nagy teljesítményű hőszivattyúk, illetve hőtároló kapacitások kiépítésére van szükség. Ezek lépnek majd működésbe a szélenergia eredetű villamos áram nagy mennyiségben történő termelődése esetén – kiváltva a többi hőtermelő kapacitást. A hőtároló rendszerek segítségével a hőenergia már napjainkban is több napon át megőrizhető, de a jövőben ezen a téren is további előrelépéssel számolhatunk. Ezen felül a korábban már említett hidrogéntermelés is használható az energiaigények rugalmasabbá tétele érdekében, természetesen csak a megfelelő tárolókapacitások megléte mellett.

4.2 Jólét - Életmód – Szemléletmód. Avagy gyakoroljunk mértékletességet az energiafogyasztásban (Munkácsy Béla)

Ennek a fejezetnek a kapcsán beszélhetünk talán a legnagyobb bizonytalansági tényezőről. A különféle műszaki paraméterek viszonylag könnyen mérhetők, adatok, forrásdokumentáció és igen nagy számban áll rendelkezésre. Bár számos módszertani kérdés merül fel például a megújuló energiaforrások vagy az energiahatékonyság kapcsán elérhető megtakarítási potenciálok terén, mégsem mondhatjuk, hogy a sötétben kellene tapogatózunk. Az emberi tényezőben, az életmódváltásban rejlő megtakarítási lehetőségek terén azonban az előzőekhez hasonló potenciálszámítások ismereteink szerint nem készültek.

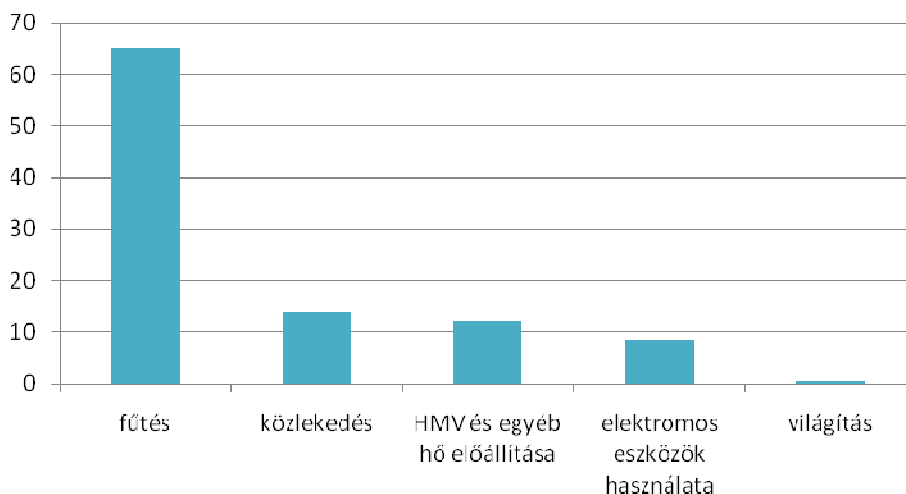
De mielőtt ennek részleteit firtatnánk, tisztázni szükséges néhány alapkérdést. Tapasztalataink szerint ugyanis sok energetikai szakértő számára sem teljesen világos, hogy mi a különbség a takarékoság és a hatékonyság javítása között. Ennek megvilágításához Sólyom László köztársasági elnök úrnak azt a beszédét hívjuk segítségül, amely az Energia – Másképp konferencia keretében hangzott el 2009 áprilisában a Magyar Tudományos Akadémián: *„Számos, önmagában igaz kijelentést tehetünk az energiatermelés és -felhasználás jövőjéről, de ezeket mindig be kell ágyazni a természeti, gazdasági és emberi tényezők, feltételek, lehetőségek és érdekek összefüggéseibe, ahol tehát kompromisszumokra és kiegyezésekre kényszerülünk. A komplexitás mellett azt is figyelembe kell venni, hogy annak a bizonyosan helyes kiinduló tételnek, hogy ti. a felhasznált energia mennyiségét csökkentenünk kell, a szintén nyilvánvaló megoldásai módjai: **az energiahatékonyság és a takarékoság, minőségileg különböznek.** Az energiahatékonyság növelése ugyanis nem igényli az eddigi értékrend és alapvető meggyőződések megváltoztatását – nem igényli az alapvető „zöld” szemléletváltást. A hatékony technológia a növekvés-orientált gazdaságnak is érdeke, éppígy az alacsony energiafogyasztás túlsúlya. Az energiahatékonyság természetesen alapvető a mi zöld gondolkodásmódunkban is. De akkor az ilyen technológiák használatát nemcsak a termelésben kell pl. az államnak ösztönöznie, hanem ugyanannyira a fogyasztásban is. Ma jellemzően **a hatékony termelés és a pazarló fogyasztás áll párban.**”* (kiemelések a szerkesztőtől)

A fenti idézetben érzékletessé válik a két megoldás közötti különbség. A szövegrészlet arra is felhívja a figyelmet, hogy önmagában a hatékonyság növelésével nem fogunk eljutni a kívánt eredményhez, vagyis az erre irányuló intézkedések csak abban az esetben érik el céljukat, ha mindeközben az emberi tényező kapcsán is sikerül szemléletváltást elérni. Például hiába állnak rendelkezésünkre az energiahatékony technológiák (mint például a megtévesztő elnevezésű „energiatakarékos” világítótestek – amik helyes megnevezése ezek szerint inkább „energiahatékony”) ha az emberek nem vásárolják ezeket. Szükségesek tehát az alapvető ismeretek, amelyek alapján a fogyasztó felelősen tud döntéseket hozni. De ha megvásárolja és használja is a család az efféle berendezéseket, még akkor sem feltétlenül beszélhetünk energiatakarékoságról. Elképzelhető ugyanis, hogy a lámpát feleslegesen bekapcsolva hagyják, de az is, hogy nem megfelelő lámpatestbe helyezik be, így a fénynek csak kis része hasznosul (gondoljunk például azokra a díszes lámpabúrákra, amelyek üvegburkolata szinte átlátszatlan, így a szükségeshez képest kétszeres-háromszoros teljesítményű villanykörtét kell ezekben alkalmazni). A fogyasztó mellett, tehát felmerül a döntéshozók és a gyártók (tervezők) felelőssége is. Hogyan lehetséges az, hogy tervezni, gyártani és forgalomban lehet tartani olyan berendezéseket, eszközöket, amelyek – az előbbi példánál maradva – az esztétikum oltárán feláldozzák a jövő generációk energiáját? Ugyanez természetesen nagyban is igaz: hogyan tervezhetnek és engedélyezhetnek diplomás szakemberek olyan épületeket, amelyek a kor divatirányzatainak megfelelnek ugyan, de évtizedeken keresztül energiafaló létesítményként okoznak súlyos anyagi terhet az üzemben tartó családoknak, intézményeknek? Hogyan lehetséges, hogy a kormányzatok sehol a világon nem képesek a rövidtávú érdekek érvényesítéséről lemondva megvonni a környe-

zetszennyező energiatermelés támogatását – és a felszabaduló forrásokat mondjuk a hatékonyság növelésébe fektetni?

Az emberi tényezőt alapvetően két irányból alakíthatjuk. **Külső kényszert** alkalmazva például jogi és gazdasági szabályozás révén. Erre példa az adórendszer átalakításában rejlő lehetőség, amely lényegesen magasabb adóval terhelhetné a fosszilis energiaforrások alkalmazását, vagy a hagyományos személygépkocsik vásárlását. A másik megoldás az oktatás révén olyan mértékű szemléletváltás előidézése, amely egyfajta **belső kényszert** alakíthat ki, ami végeredményben viselkedési mintázatunk megváltozását eredményezi.

Az emberi tényező láthatóan olyan sarokköve az energiagazdálkodásnak, amit óriási hiba figyelmen kívül hagyni (itt visszautalunk az 2. ábra mondanivalójára). A háztartások példáján keresztül azt is célszerű bemutatni, hogy a beavatkozási pontok, hangsúlyok meghatározása is kulcsfontosságú az eredményesség szempontjából. A 20. ábra alapján nyilvánvaló, hogy a legtöbb átgondolnivalónk az épületeink fűtése kapcsán volna, ezért ennek példáján keresztül világítunk rá az energiatakarékosságban rejlő lehetőségekre.



20. ábra: A magyar háztartások energiafogyasztásának arányai a felhasználás egyes területein (az elfogyasztott energiamennyiség %-ában)

Általános értékrend

Ahogy az 2. ábra is utal rá, a felhasznált energia mennyisége szoros összefüggésben van az életmódunkkal, az igényeinkkel. A fűtés esetében ez igen sok ponton tetten érhető. Meghatározó például lakásunk mérete és külső-belső struktúrája. Ugyancsak lényeges a belső hőkomfort szintjének meghatározása. A Cambridge Egyetem egyik neves fizika professzora a közelmúltban egyszerű eszközökkel 50-ről 13 kWh/nap-ra szorította vissza lakásának téli fűtési energiafelhasználását (MacKay, D. 2009). A változtatások egy része az épület hőszigetelését érintette (homlokzat és nyílászárók), tehát az energiahatékonyság javítását célozta, ugyanakkor néhány további, immár a takarékoság tárgykörébe tartozó lépés is történt. Az egyik a helyiségek téli mikroklímáját érintette: a környezettudatos professzor a szobák átlaghőmérsékletét 17 °C-ra szorította vissza. Ez első hallásra

drasztikus lépésnek tűnik, ám minden csak viszonyítás kérdése. A brit háztartások helyiségeinek téli átlaghőmérséklete 1970-ben mindössze 13 °C volt (MacKay, D. 2009). De Móra Ferenc közismert története segítségével könnyen képet alkothatunk a 19-20. század fordulójának magyarországi viszonyairól is: „*Akárhogy fűtöttük a búbast, a malomszoba ablaka egész télen át ki nem engedett. S az a befagyott ablak volt az én palatáblám, édesanyám gyűszűs ujjra rajta a palavessző.*” Természetesen nem az a cél, hogy újra ilyen áldatlan körülmények között éljünk, ám az, hogy tudjuk, hogy hol tartottunk alig 100 esztendővel ezelőtt, az mai igényeink újragondolása során viszonyítási ponttal azért szolgálhat.

Mint arra már korábban kitértünk, a média szerepe az értékrend formálásában különösen fontos – ezért felelőssége is kiemelkedően nagy. Éppen ezért bosszantó, ha ténykedésük kifejezetten kártékony, amire sajnos számos példát lehetne felsorakoztatni, most vegyük közülük a különféle autós magazinok esetét. Az autós újságírók teljesen általános megközelítésmódja, hogy a nagy teljesítményű, kiemelkedő gyorsulással rendelkező – ám éppen ezért nagy fogyasztású – autót az egekbe magasztalják, a kevésbé sportos, takarékosabb modelleket viszont rendre lekicsinylő jelzőkkel illetik. Nyilvánvaló, hogy mindez befolyásolja ezen lapok olvasótáborának attitűdjét, fogyasztói döntéseit, aminek végső következménye az üzemanyagok indokolatlan túlfogyasztása. Ha viszont sikerülne a üzemanyagfogyasztás csökkentése terén eredményeket elérni, azt komoly globális eredményként lehetne elkönyvelni. Nem csoda, hogy a napokban Obama elnök az új üzemanyag-hatékonysági szabvány (amely tervek szerint csaknem megduplázza az egyesület államok gépjárműparkjának üzemanyag-hatékonyságát) meghirdetésekor úgy fogalmazott, hogy „ez a valaha tett legnagyobb lépés az importfüggőség csökkentése felé” (whitehouse.gov 2011).

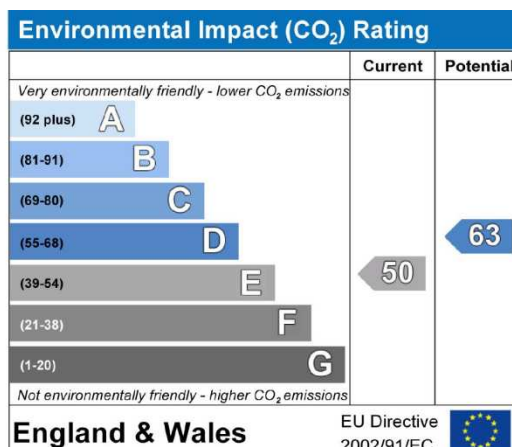
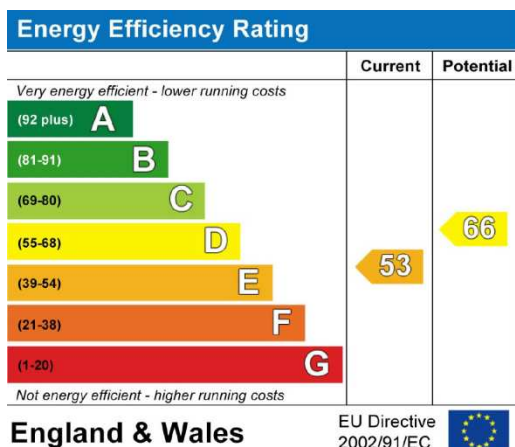
Nagyobb odafigyelés

A cambridgei professzor által alkalmazott másik végtelenül egyszerű lépés az energiafogyasztás figyelemmel kísérése: a mérőórák gyakoribb leolvasása, az adatok rendszeres rögzítése, esetleg egyszerű elemzése. A kutatók egybevágó tapasztalata, hogy az évenkénti leolvasásról a havonkénti leolvasásra és elszámolásra való áttérés már önmagában meglepően nagy, akár 10-20% körüli fogyasztáscsökkentést eredményezhet, hiszen az energiafogyasztásunk mértékével való szembesülésre sokkal gyakrabban kerül sor. Természetesen a heti vagy napi leolvasás, esetleg kifejezetten ezt a célt szolgáló fogyasztásmérő berendezések használata, további szempontokat jelent a takarékoság felé vezető úton.

Persze az energiával való takarékoskodás lehetőségei ennél jóval szélesebb körűek, lényegében szinte életünk minden mozzanatára kiterjednek. Csak egy kis odafigyelést igényel például az égve felejtett lámpák lekapcsolása, vagy a konnektorban hagyott teleföntöltők áramtalanítása, illetve a készenléti üzemmód (standby) alkalmazása helyett a készülékek teljes kikapcsolása.

Korszerű ismeretek

Bizonyos alapismeretekre tehát a takarékoság érdekében is szükség van – az előző gondolatok alapján például annak a ténynek az ismeretére, hogy készenléti üzem közben az elektronikai berendezések – az esetek döntő többségében – feleslegesen fogyasztanak energiát. Ugyancsak fontos tudnunk, hogy egy műszaki szabályozási módszer, a címkézés, kifejezetten a fogyasztók ezirányú tájékoztatását szolgálja. Az elektronikai cikkek gyártóinak egy egységesített rendszer segítségével ma már közölnie kell azokat az adatokat, amelyek készülékeinek energiafelhasználására vonatkoznak. Hasonló rendszert már a gépjárművekre és az épületekre is kidolgoztak (21. ábra). Ezen alapismeretek birtokában a fogyasztónak kell döntést hoznia, hogy ezt a szempontot a termék kiválasztásánál milyen mértékben hajlandó érvényesíteni – és ezen a ponton jelenik meg az az emberi tényező, amiről az energiatervezésben hajlamosak vagyunk elfeledkezni (akár úgy, hogy alábecsüljük, de akár úgy is, hogy túlértékeljük).



21. ábra: Ilyen energiacímkét 2012-től hazánkban is kötelezően kell majd alkalmazni az épületek és lakások vásárlásánál, bérbe adásánál

Ha a hétköznapi emberek tekintetében lényegesnek tartjuk az ismereteket, akkor az energiagazdálkodásban tevékenykedő szakemberek esetében ez hatványozottan igaz. Tapasztalataink szerint azonban a szakemberképzés terén komoly lemaradásban vagyunk: a felsőoktatásban kevés a korszerű energiagazdálkodás összefüggésrendszerében eligazodó, a napról napra bővülő és frissülő tudásanyagot ismerő, megfelelően felkészült oktató. Ha mégis akad ilyen, akkor előfordul, hogy a felsőoktatás rugalmatlanságai miatt az új tárgyakat nem lehet beilleszteni a képzési struktúrába, de az is egyre gyakoribb, hogy az újabban jellemző liberális szellemű rendszerben a hallgatók egyszerűen nem járnak be az órákra... Az eredményt világosan látjuk: sem a települések, sem az épületek tervezésében és üzemeltetésében, sem pedig az energiarendszer működtetésében nem mutatkoznak az áttörés jelei. Az elért szerény eredmények háttérében sokkal inkább egy-egy magányos harcos kemény munkája tükröződik, semmit a rendszer egészének átalakulása.

4.3 Az energiahatékonyságban rejlő potenciálok (Kovács Krisztina – Nádor Judit – Munkácsy Béla)

Az előző fejezetben felvázoltuk a különbséget a takarékoság és a hatékonyság javítása között, és tisztáztuk, hogy miért indokolt ezek különválasztása – annak ellenére, hogy sajnálatos módon a legutóbb készült kormányzati dokumentumok, így a *Nemzeti Energiastratégia 2030* is összemosza ezeket. Véleményünk szerint a takarékoság egy magasabb szintű, tudatos cselekvési (vagy éppen kifejezetten „nem-cselekvési”) forma, míg a hatékonyság a műszaki megoldások kínálta lehetőségeket takarja. Ebben a fejezetben ez utóbbi terület rövid áttekintésére vállalkozunk.

A Római Klub 1997-ben megjelent **Négyes tényező** című tanulmánya (Weizsäcker, E. U. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H.) az elsők között volt, amely rávilágított a hatékonyság növelésében rejlő lehetőségekre. A szerzők szerint rendelkezésünkre állnak azok a módszerek, amelyekkel az erőforrás-felhasználás hatékonysága megnégyszerezhető volna – és nem mellékes következményként a jólét megkétszerezését, valamint a természeti környezetre

gyakorolt hatások felére csökkentését is feltételezik. A szerzők 50 példát sorakoztatnak fel a különböző területeken alkalmazható módszerekre, ezek közül 20 kifejezetten az energiagazdálkodás témakörét érinti.

Ennél is tovább merészkedett néhány kutató, amikor megalapították a **10-es Tényező Intézetet**, melynek álláspontja szerint a hatékonyságnövelés leginkább úgy érhető el, ha változtatunk a fogyasztói szokásainkon, és emellett alkalmazzuk a különféle hatékonyságnövelő intézkedéseket. Az energiafelhasználás kapcsán az az összefüggés is felmerül, hogy ha sikerül az iparosodott országok gazdaságának dematerializálása kapcsán egy 10-szeres hatékonyságot elérni, akkor az automatikusan magában hordozza az energiafelhasználás ötödére csökkentését. Különösen előremutatónak tartjuk, hogy a kutatók nem csak elméleti síkon vizsgálódnak, hanem az eredmények gyakorlati megvalósítása terén is aktívan dolgoznak, konkrét projekteket támogatnak.

A fentiekhez képest az általunk készített forгатókönyvben csak egy meglehetősen visszafogott, kb. 3-szoros hatékonyságnövekedéssel számoltunk 2050-ig, így akár azt is mondhatjuk, hogy ebben a tekintetben maradtak még tartalékok a koncepciónkban.

Energialánc

Az energiahatékonyság kapcsán a hagyományos vélekedéshez képest egy tágabb értelmezést tartunk szerencsésnek, amelyben az energia útjának összes állomásánál – az elsődleges energiahordozótól egészen a jólétről alkotott képzetünkig – beszélhetünk egyfajta hatékonyságról (lásd még: 1. fejezet). A következőkben végighaladunk a lánc mentén és röviden felvázoljuk a láncszemekhez kapcsolódó hatékonysági vonatkozásokat.

A legelső lépés a **kitermelés**, valamint az ez után következő további **feldolgozási** és **előkészítési** fázisok, de ide kapcsolódnak a kitermelésnek és az átalakításnak azok az **előzményei** és **következményei**, melyek **energia-befektetést** tesznek szükségessé (pl. bányanyitás, kimerült bányák rekultivációja, a környezetet szennyező kibocsátások megakadályozása, semlegesítése). Ezek a pontok mind egy-egy beavatkozási lehetőséget kínálnak. Ugyanakkor ne szűkítsük le ezt az állomást csak a fosszilis energiaforrások vagy az uránérc bányászatára és feldolgozására, hiszen a megújuló energiaforrások egy részénél ugyancsak értelmezhető ez a probléma. Sőt, a bioüzemanyagok kapcsán kifejezetten ez jelenti a leginkább sarkalatos problémát, miszerint az alapanyagok előállítás és feldolgozása túlzottan sok energiát emészt fel. Itt például a hatékonyság javítása kulcskérdés, amiben előrelépést az új alapanyag-termelési módszerekből kiinduló második és harmadik generációs bioüzemanyagok megjelenésétől várjuk.

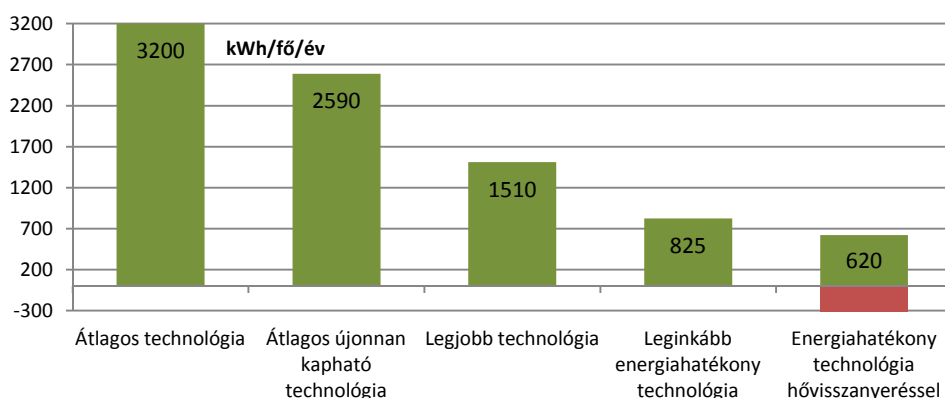
A következő mozzanat, amikor az elsődleges energiahordozóból másodlagos energiahordozót hozunk létre, miközben energetikai értelemben (is) veszteségek keletkeznek. Itt a hatékonyságot egyrészt az **átalakítás eszköze**, illetve – főként a megújuló energiaforrások esetében – a **helyszíne** befolyásolja (pl. szélturbina). Ugyancsak lényeges a fogyasztás helye és léptéke is: a fogyasztás helyéhez közel megvalósuló kis léptékű kogeneráció (kapcsolt hő- és áramtermelés) például bizonyosan lényegesen hatékonyabb megoldást fog eredményezni, mint az a ma még megszokott centrális helyzetű nagyerművek esetében tapasztalható. A közeljövőben akár jelentős átalakulásokat is eredményezhet, hogy kogeneráció ma már akár háztartási léptékben is elképzelhető. Itt említhetjük meg, hogy jelen kiadvány megjelenítésében érdekelt mindkét civil szervezetnek vannak ezen a téren projektjei és tapasztalatai: az INFORSE-Europe dániai székhelyén (Hjortshøj) egy nagybaccsa, 35 kW-os Stirling-motoros megoldással kísérleteznek, míg a Környezeti Nevelési Hálózat tevékenységének egyik fő iránya a kogenerációra is alkalmassá tehető tömegkályhák fejlesztése és népszerűsítése.

Az ezt követő lépésben a másodlagos energiaforrások felhasználásával **energiaszolgáltatásokat** hozunk létre (mint például télen egy meleg szoba, nyáron egy hideg hűtőszekrény, éjszaka a lakásban egy adott életter megvilágítása, vagy egy hanglemezt lejátszása). Ebben különféle eszközök lehetnek segítségünkre, amelyek

ugyancsak egyfajta – általában jól mérhető – energiaátalakítási hatásokkal működnek. Így például az optimális szobahőmérsékletet többféle módon is elérhetjük – akár a felhasznált energiaforrásokra (földgáz, tűzifa, napenergia), akár az eszközök, technikai megoldások széles tárházára gondolunk.

Az energiaszolgáltatásokat produkáló felhasználó oldali technológiák három nagy csoportba oszthatók: elektromos berendezések, információ-technológiai eszközök és épületgépészeti eszközök (fűtés, hűtés, világítás). Jelentőségüket az a tény érzékelteti, hogy ezek együtt – szélsőséges esetben – kitehetik egy ország villamosenergia-fogyasztásának akár a felét is (Nørgaard, J. 2006). Ezen berendezések esetében szerencsére még a 21. században is további lehetőségek kínálkoznak az energiahatékonyság javítására. A különböző fejlesztésekkel korszerűbb, és sok esetben kisebb fogyasztású berendezések válnak elérhetővé. Elég csak a régi, katódsugárcsöves televíziókra vagy monitorokra gondolni, amelyeket ma már sorra váltanak fel az LCD képernyők. A hagyományos, régi televíziók kb. 60 W-ot fogyasztanak, míg a hasonló méretű, de újabb technológiát képviselő síkképernyős LCD TV-k már csak kb. 40 W-ot (Nørgaard, J. 2006). A világítás esetében a legjobb hatékonyságú LED-es technológiával sokkal hatékonyabban világíthatunk úgy, hogy ráadásul az újfajta eszközöknek az élettartama is lényegesen hosszabb, mint az elődöké, ami további energiamegtakarítást eredményez a gyártás kapcsán. Az A+ energiaosztályú hűtőszekrényekhez, hűtőkhöz és mosógépekhez képest az F osztályba tartozó berendezések két és félszeres többletfogyasztást produkálnak, ami egy tájékozott fogyasztó esetében nyilván meghatározó tényező lesz a vásárlásnál.

Érdekes, hogy például az egyes elektromos eszközök fogyasztása külön-külön nem tűnik számottevő mértékűnek. Többek között ez is az oka annak, hogy a háztartások nem szentelnek kellő figyelmet az energiafogyasztás csökkentésére. Azonban, ha elemezzük az egyes fogyasztók, mint például a szivattyúk, a mosógép, a hűtőszekrények, a televíziók, vagy a számítógépek energiafelhasználását, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy sokkal kevesebb energiahordozó fogyasztásával akár jobb minőségű energiaszolgáltatáshoz is juthatunk – pusztán a korszerűbb technológia megvásárlásával és mindennapi alkalmazásával (Nørgaard, J. 2001).



22. ábra: A hatékonyságban rejlő potenciálok a villamosenergia-fogyasztás terén – a dán háztartásokban használatos minden elektromos készülékre együttesen (Nørgaard, J. 1989)

A megtakarítás lehetséges mértékével, potenciáljával kapcsolatban a 22. ábra adhat támpontot, melyben a dán háztartásokban alkalmazott elektromos eszközök teljes arzenálját elemezve Nørgaard, J. (1989) arra jutott,

hogy az aktuálisan használt berendezéshez képest a leghatékonyabb eszközök 4-5-ször kevesebb villamos energia felhasználásával beérik.

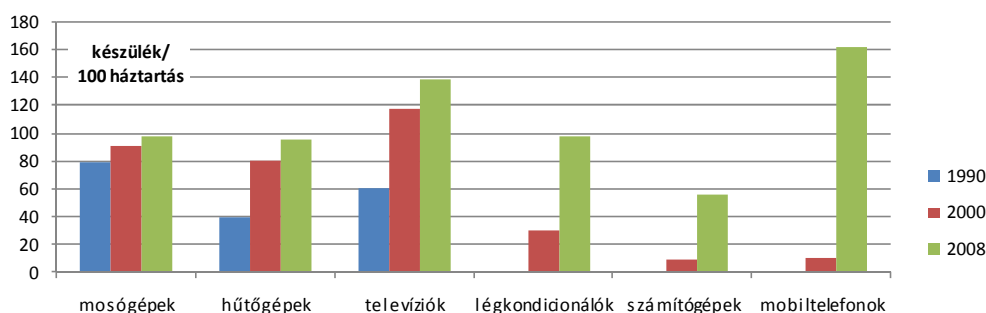
De haladjunk tovább az energialánc elemzésével. Az előzőekben hosszasan felsorolt minden fázis közé általában **szállítási lépések** ékelődnek, amelyek esetében – legtöbbször – ugyancsak van értelme hatékonyságról beszélni. Például az utóbbi időben – az elektromos energia egyre határozottabb és nyilvánvalóbb felértékelődésével – újra az érdeklődés homlokterébe kerülő megoldás a nagyfeszültségű egyenáramú energiaátviteli rendszer (HVDC), melynek segítségével elérhetővé válhat jelentős mennyiségű villamos energia nagy távolságokra történő szállítása – hiszen ez a megoldás sokkal kisebb energetikai veszteséggel dolgozik, így hosszabb időtávlatban kevésbé költséges. Az bizonyos, hogy a magyar villamosenergia-rendszer is komoly fejlesztésre szorul, mert a rendszervesztés sajnos tetemes (az országosan megtermelt villamosenergia 17%-át tette ki 2009-ben [KSH 2010a]), ami sem a természet, sem a pénztárcánk erőforrásainak szűkössége szempontjából nem elfogadható.

A logikai lánc legvégén eljutunk az egész folyamatrendszer mozgatórugójához: az igénybe vett energiaszolgáltatások összessége alapvetően egyénenként határoz meg egyfajta **életformát, életstílust** – aminek hatása végighaladva az egész energialáncon, annak minden pontján kézzel fogható. Nyilvánvaló, hogy sok egyéb mellett akár energetikai értelemben is vizsgálhatjuk valamennyi tevékenységünket és következményeit. A szabadidőnk eltöltése kapcsán vett példával: jobb hatékonyságú lesz ez a lépcsőfok egy olyan embernél, akit mondjuk napi egy-két óra olvasás vagy zongorázás tesz **elégedetté**, viszont tragikusan rossz lesz annál az embertársunknál, akinek ugyanezt az érzést mondjuk, egy-két órányi motorozás tudja megadni. Ugyanakkor ezt a megközelítést akár egész közösségekre, ezek alacsonyabb vagy magasabb szintjeire is értelmezhetjük, így akár különböző országok között is felismerhetünk határozott különbségeket lakóik energiafelhasználással kapcsolatos viselkedési mintázatai, szokásai alapján. Így például látványos a különbség a már betegesen terepjáró-centrikus amerikai autós társadalom és az európai kerékpáros nemzetek közlekedési energiafogyasztása között.

A hatékonyság növelésének csapdája

Bár manapság a környezetvédelem egyik legfontosabb eszközének tartják a hatékonyság javítását szolgáló technológiai fejlesztéseket, ez önmagában még biztosan nem elég erőforrásaink és környezetünk megóvásához. Sőt, kifejezetten veszélyes és káros lehet ez a szemléletmód, hiszen könnyen a **hatékonysági paradoxon** csapdájába esünk. Hiába fogyaszt kevesebbet egy LCD televízió vagy egy A+ energiasztályú hűtő, ha az új készülék vásárlása esetén – a reklámok sugallatának engedve – a **legnagyobb** választjuk a kínálatból. Könnyen megeshet, hogy a takarékosági intézkedésnek szánt beruházásunk a visszájára fordul, és végeredményben még több energiát használunk fel, mint a „fejlesztést” megelőzően. Ugyanerre a jelenségre szolgálnak példaként az üzemanyag-takarékos gépkocsik. Hiába fogyasztanak ezek kevesebbet, ha azokkal – a kisebb útiköltség miatt – még nagyobb távokat teszünk meg, még többet közlekedünk. Így az összes felhasznált üzemanyag mennyisége rosszabb esetben akár túl is szárnyalhatja a korszerűtlen autóval egységnyi idő alatt elért fogyasztást.

Ugyancsak komolyan befolyásolhatja a végeredményt, ha a családi megtakarításokat további energiafogyasztó berendezések vásárlásába fektetjük (23. ábra). Az ilyen visszacsatolási mechanizmusok miatt könnyen búcsút inthetünk az energiamegtakarításnak. A hatékonyság növelése mellett mindig szükség van a fogyasztás visszafogására, a takarékosagra, a mértékletességre is.



23. ábra: Egyes háztartási berendezések 100 háztartásra eső darabszám-változása a kínai városi háztartásokban

Felhasznált irodalom:

Energiaklub - <http://energiaklub.hu/energiahatekonysag>

Factor 10 Institut - <http://www.factor10-institute.org/index.html>

KSH (2010a): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok - 3.8.2 Villamosenergia-mérleg (letöltve: 2011. 07. 20.)
http://portal.ksh.hu/portal/page?_pageid=37,594828&_dad=portal&_schema=PORTAL

Nørgaard, J. (1998): Sustainable Energy Future - Nordic Perspective. Keynote at workshop „Sustainable and Peaceful Energy Future in Asia”, 28-30. September 1998, Seoul

Nørgaard, J. (2006): Electrical Appliances and other Equipment. the Conference “Using energy and materials more efficiently: a precondition for sustainable development”, Seoul, Korea, 21-22. September 2006.

Magyar Nagylexikon (1999), Kilencedik kötet, Magyar Nagylexikon kiadó, Budapest, pp. 274-275.

Nemzeti Energiastratégia 2030 (2011)

Polinszky K. [szerk.] (1970): Műszaki Lexikon, Első kötet, Akadémia Kiadó, Budapest, p. 650.

Weizsäcker, E. U. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1997): Factor four: doubling wealth - halving resource use. Allen & Unwin. 322 p.

whitehouse.gov (2011): Driving Efficiency: Cutting Costs for Families at the Pump and Slashing Dependence on Oil. web: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/fuel_economy_report.pdf - letöltés: 2011. augusztus 12.

4.3.1 Az épületekben rejlő energiahatékonysági potenciálok (Munkácsy Béla – Kovács Krisztina – Szabó Dániel – Krassován Krisztina – Budai Edina)

A háztartások energiafogyasztása

Előljáróban azt kell leszögeznünk, hogy nem könnyű a jelenlegi lakásállomány energiafogyasztásáról képet alkotnunk. Ennek egyik oka, hogy a különböző források sok tekintetben egymásnak ellentmondó adatokat közölnek – hiszen ezek nyilvánvalóan különféle becsléseken alapulnak. Bonyolítja a helyzetet, hogy:

- némely számítás a rendszerveszteségeket is figyelembe veszi, míg mások nem;
- sok esetben nem világos, hogy a „háztartások” – itt inkább családok – közlekedési energiafogyasztása vajon benne foglaltatik-e az adott értékben, vagy sem.

Az Eurostat (2011) a magyar háztartások energiafogyasztására vonatkozóan 2009-re **231,1 PJ** (final energy consumption – residential sector: 5520 ktoe) értéket ad meg, míg a teljes hazai végső energiafelhasználást 687 PJ-ben határozza meg. A KSH (2010) szerint „a háztartások által elfogyasztott energia volumene” 2008-ban **301,6 PJ**. Ebben az adatban a KSH szigorúan csak az épületekhez köthető fogyasztást vette számításba, tehát a családok közlekedési energiafogyasztása ebben nem szerepel. A NÉS (2008) szerint „lakosság teljes energiafogyasztása” 2005-ben **317 PJ volt**.

Az épületállomány energiafogyasztása

A helyzet nem könnyebb akkor sem, ha csak az épületekre akarunk fókuszálni. Itt az adatok sok esetben azért nem vethetők össze, mert egy részük PJ-ban, míg más részünk kWh/m²-ben van megadva. Az Energia Klub Negajoule c. kiadványában 74 épülettípusra végeztek számításokat, melynek végeredményeként a „lakástípusok” összességére vonatkozóan **360 PJ** energiafogyasztást kaptak (Fülöp O. 2011). A fő épülettípusokat illetően 3 nagyobb csoportot különítettek el. Számításaik eredményeképpen a **családi házak esetében 400-500 kWh/m²/év energiafogyasztás** adódott, hiszen ezek az épületek a legtöbb esetben hőszigetelés nélkül épültek, ezért az indokoltnál jóval nagyobb a hőveszteségük. Ilyen típusú épületekben él a népesség 66%-a, ráadásul ezek az egy háztartásra vetítve legnagyobb alapterületű lakóépületeink is. A **tégla társasházaknál 200-300**, míg a **panelépületeknél 200 kWh/m²/év** körüli energiafogyasztási értékeket kaptak. Nemzetközi összevetésben ezekkel az adatokkal nem állunk túl jól: európai átlagként egy 1980 előtt épült átlagos ház 300 kWh/m²/év, a legújabb épületenergetikai szabványoknak megfelelő épület 90 kWh/m²/év, míg a passzív házak 15 kWh/m²/év energiafogyasztással működnek (Kirby, A. 2008).

Hazánkban a teljes lakóépület-állomány energiafogyasztását figyelembe véve a családi házak rendelkeznek a legmagasabb, 81%-os részaránnyal, tehát alaposan megelőzik a többi épülettípus fogyasztását (Fülöp O. 2011). Mindebből kitűnik, hogy a **leggyorsabb és legszámottevőbb energiamegtakarítási eredményeket a családi házak felújításával lehetne elérni** – miközben a jelenlegi felújítási politika inkább a panellakásokra fókuszál.

Lényeges kérdés az is, hogy a háztartások energiafogyasztásában hol van az a kritikus pont, ahová elsősorban be kell avatkozni. A hétköznapi fogyasztók ebben a tekintetben különösen tájékozatlanok, és az energiahatékonyság javítására szánt pénzzel nagyon szerény eredményeket érnek el. A 20. ábra világosan mutatja, hogy bármennyi pénzt is költünk például az energiahatékony világítóberendezésekre, ezzel egy átlagos háztartásban érdemi eredményt nem tudunk elérni. Ennek oka, hogy az energia **~65%-a** fordítódik fűtésre, ez alapján pedig egyértelmű, hogy ezen a ponton érdemes leginkább beavatkozni. Vagyis a legokosabban akkor fektetjük be a pénzünket, ha kihasználjuk az épületenergetikai mutatók javítását célzó felújítások lehetőségét.

2050-ig vizsgálódó modellünkben azt feltételeztük, hogy különféle szabályozási programok eredményeképpen a hatékonyságot növelő épületenergetikai beruházások olyan mértéket fognak ölteni, hogy a 21. század közepére az **egységnyi alapterületre eső fűtési energiafelhasználás 75%-kal mérséklődik**. Ugyanakkor azzal is számolunk, hogy az elmúlt évek növekedési tendenciája a jövőben hasonló marad, így 2050-re további kb. 20%-kal fog nőni a lakások fűtött alapterülete. Az alábbiakban bemutatjuk, hogy mennyire reális a forgatókönyvünkben szereplő, fűtési energiamegtakarításra vonatkozó felvetés.

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008-2025)

A magyarországi lakások többségében meglehetősen rossz hőfizikai adottságokkal rendelkeznek. Elkésérítő az az adat, miszerint a 4,3 milliós **lakásállomány 70%-a egyáltalán nem felel meg a műszaki és hőtechnikai követelményeknek** (Nemzeti Energiastratégia 2030, 2011). Így logikus, hogy a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008) épületenergetikai beruházásokban is gondolkodik, és a szerzők számítása szerint ezek folyamatos megvalósításával 2025-re már évi **101 PJ** energiamegtakarítás válna elérhetővé – csak a már meglévő épületeink esetében (5-15 év közötti megtérülési idővel számolva). Mivel a lakosság fűtésre és használati-melegvíz készítésre fordított energiafogyasztása 360 PJ (Fülöp O. 2011), ez azt jelenti, hogy **a NÉS készítői szerint a 2005-2025 között realizálható megtakarítás megközelíti a 30%-ot**. Ugyanerre az időszakra **saját kalkulációinkban 43%-ot** határoztunk meg, mint ideális esetben elérhető potenciál – ez ugyanakkor azt jelenti, hogy a 2000. évi adatokhoz képest csak 28%-os csökkenést feltételeztünk (hiszen – az IEA 2010. évi adatai szerint – 2000 és 2005 között 15%-kal nőtt a magyar háztartások egységnyi alapterületre eső energiafogyasztása).

NegaJoule 2020

Az Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ által kezdeményezett és koordinált **„NegaJoule 2020”** kutatási projekt kifejezetten a hazai lakóépületek épületenergetikai hatékonyságának fokozásában rejlő potenciálok felmérésével foglalkozott. Széleskörű vizsgálataik eredménye szerint a hazai lakóépületek energiafogyasztása összességében **42%-kal (152 PJ-lal) volna csökkenthető 2010-től 2020-ig**. Ez az általunk ugyanerre az időszakra feltételezett csökkentésnél **4%-kal magasabb érték**.

Az elemzés szerint a 152 PJ-nak mintegy 77 százaléka aknázható ki gazdaságosan, vagyis az épületek fűtésére és HMV-készítésére vonatkozó **társadalmi-gazdasági potenciál általuk becsült értéke 117 PJ** (Fülöp O. 2011). A három vizsgált épületcsoportra vetítve elmondható, hogy abszolút értékben számolva a családi házak esetében érhető el a legnagyobb mértékű megtakarítás, ami az összes lehetőség 95%-át teszi ki!

A számítások szerint a 152 PJ-nyi csökkentés eléréséhez 330 000 háztartás felújítására lenne szükség, ami nagyjából 7400 milliárd forintot tenne ki, mely 30 százalékos támogatási intenzitás mellett az államnak nagyjából 220 milliárd forint többletkiadást jelentene éves szinten. 117 PJ-nyi csökkentés elérése érdekében csak évi 160 000 lakást kellene felújítani évi 70-85 milliárd forintos állami kiadással (Fülöp O. 2011).

A SOLANOVA-projekt tanulságai

Az épületállomány másik jelentős szegmensét a házgyári panelépületek képviselik. Hogy ezen a téren milyen hatékonyságjavító lehetőségek rejlenek, abban a dunaiújvárosi Solanova projekt ad támpontot. A 2003 januárjában kezdődő program keretében **egy hét emeletes házgyári technológiával épült panel lakóház komplex energetikai felújítására** került sor. A 2006-ig tartó felújítás gyökeresen megváltoztatta a lakók addigi életkörülményeit, egy sokkal élhetőbb, a modern elvárásoknak megfelelő épületet tudhatnak mára magukénak. Időközben az is kiderült, hogy a lakások energetikai felújítása esetén nem elegendő a technikai feltételek megteremtése, hiszen egy ház energiafogyasztásának alakulásában nagyon sok múlik a lakók szokásain, magatartásán.

A felújítást meghatározó három **célkitűzés** közül az **első** a lakók igényeinek való megfelelés elérése lett. A szóban forgó projekt esetében a felújítás ideje alatt folyamatosan zajlott a lakosok véleményének kutatása, a bekövetkező változások nyomán követése. A gyűjtött adatokból egyértelműen kiderül, hogy a felújítások a kívánt eredményeket hozták, a lakosok az elvárásaiknak megfelelő változásokat tapasztalhattak.

Második célkitűzésként az optimális hatékonysági mutatók elérését határozták meg. Az építőiparban már ma is alkalmazott műszaki megoldásokkal, így például nagy vastagságú homlokzati hőszigetelő rendszerrel, a speciális nyílászárókkal, a nagy hatékonyságú hőcserélőkkel és a modern fűtési megoldások alkalmazásával már a felújítás utáni első évben 82%-os, a második évben **91%-os csökkenést sikerült elérni az energiafogyasztásban** (Hermelink, A. 2007).

Harmadik célkitűzésként a napenergia optimális mértékű felhasználása jelent meg. A Solanova ház esetében a fűtési és használati-melegvíz igény mintegy 20 százalékát tudják éves viszonylatban a napkollektorokkal fedezni. Azt figyelembe véve, hogy egy főre mindössze 0,6 m² napkollektor jut, ez meglehetősen jó értéknek számít.



24. ábra: A Solanova projektben alkalmazott megoldás a napkollektorok elhelyezésére

A mintaprojekt egyik legfőbb tanulsága az, hogy az épületenergetikai hatékonyságot fokozó felújítások sikerének kulcsa a komplexitásban rejlik, és minden körülmények között kerülendőek volnának a **szuboptimális megoldások**. Ezeket olyan beruházásokként definiálhatunk, amelyek némi költségmegtakarítást azért eredményeznek, ám az egy kis többletárfordítással elérhető lehetőségekhez képest mégis magas energiafogyasztást eredményeznek a következő felújításig, vagyis általában további hosszú évtizedekre (Feiler J. – Ürge-Vorsatz D. 2010). Sajnos a gyakorlatban – minden épülettípus esetében – szinte kizárólagosan ezekkel a „félmegoldásokkal” találkozhatunk, a Solanovához hasonlóan eredményes nagyberuházás nem valósult meg hazánkban – legfeljebb jobban propagált...

Gazdasági és műszaki szabályozók

A magyar lakások minősége meglehetősen rossz, ami azt jelenti, hogy kb. ötödét teljesen le kellene bontani, ötöde teljes felújításra, kétötöde részleges felújításra szorulna és csak a maradék 20%-a tekinthető jó állapotúnak (Ürge-Vorsatz D. – Novikova, A. 2008). A szigetelés, nyílászárócsere, vagy a megújulóenergia-hasznosítás mind a költséges beruházások közé tartoznak, ámde esetükben van megtérülési idő, ami után már nyereségekkel számolhatunk. Ezeket a beruházásokat kedvezményes hitelekkel, támogatásokkal és jogi szabályozással a kormány is segíteni tudja. Ennek előmozdítására szolgál az Európai Unió szintjén hozott néhány direktíva is. Ezek reménybeli hatékonyságára jellemző, hogy a **2002/91 EK Direktíva** (amely az épületek energetikai jellemzőivel, illetve azok javításával foglalkozó jogszabály) a számítások szerint önmagában **22%-os energia-megtakarítást** eredményez (Magyar Z. 2009). A jogszabály például előírja az épületekre vonatkozóan is az **energiatanúsítványi címkék** (21. ábra) alkalmazását. Ez egy olyan igazoló okirat alapján készül „*amely az épületnek a külön jogszabály szerinti számítási módszerrel meghatározott energetikai teljesítőképességét tartalmazza*” (176/2008 kormányrendelet). A kormányrendelet, hasonlóan a műszaki cikkek energetikai tanúsítványához, az épületek esetében is a betűjeles besorolás gyakorlatát írja elő. Minden tanúsítvány érvényessége tíz évre szól (vagy a jogszabály által meghatározott követelmények megváltoztatásáig). Amellett, hogy a dokumentumban lakásra szabott energetikai beavatkozási javaslatok szerepelnek (amelyek segítik a tulajdonosokat a kellően hatékony korszerűsítések megválasztásában), számos más előnnyel is kecsegtet az épületenergetikai tanúsítvány bevezetése. Például fontos tájékoztató eszközzé válhat az ingatlanpiac keresleti oldalán, hiszen a vásárlók a besorolás alapján hiteles képet kaphatnak az ingatlan várható energiafogyasztásáról, illetve költségeiről. Ez egyértelműen növeli a jobb paraméterekkel rendelkező ingatlanok iránti keresletet, mely kereslet az épületek értéknövekedésével jár. Mindez közvetve élénkíti az energiahatékonysági szolgáltatások, termékek és a megújuló energiaforrások piacát is, mely munkahelyteremtő hatása mellett környezeti szempontból is kifejezetten szerencsés következménye a tanúsítvány bevezetésének.

A nemrégiben elfogadott **2010/31 EK Direktíva** további előrelépéseket vár el, így például előírja, hogy 2018. december 31.-e után épülő új középületeknek, valamint **minden 2020. december 31.-e után épülő új épületnek közel nulla energiaigényű épületnek, passzív háznak kell lennie**. Ez a komoly energia-megtakarításon túl azt is jelenti, hogy az épületek által felhasznált kis mennyiségű energiának jelentős részben megújuló forrásokból kell majd származnia. Különösen lényeges lépésnek tekintjük ezt az **irodaépületek** tekintetében, hiszen itt az elmúlt évtizedekben elharapódzott egy „beton-acél-üveg kalitka” építési trend, amelynek közvetlenül egyértelmű vesztesei az épületeket bérlő cégek. Ezen építőanyagok mérték nélküli alkalmazásának ugyanis törvényszerű következménye télen a magas fűtési, nyáron pedig a magas hűtési energiafelhasználás – amely a rezsi-költségeknek (és persze közvetetten a környezet terhelésének) indokolatlanul magas voltát eredményezi.

Ennek az intézkedésnek várhatóan további közvetett hatásai is lesznek. Így például a korszerű technológia ára a nagyobb darabszámok miatt minden bizonnyal olcsóbb lesz, így egyfelől a megtérülési mutatók tovább javulnak (tekintettel a fosszilis energiahordozók árának elkerülhetetlen növekedésére is). Másfelől így egyre több család számára válnak elérhetővé ezek a megoldások – ezáltal véleményünk szerint egyfajta pozitív visszacsatolási mechanizmus indul be, amelynek eredménye az energiahatékony épületek igen gyors elterjedése lesz. Ennek első jelei már hazánkban is látszanak, igaz egyelőre az alkalmazott technológiai megoldások messze nem a legkorszerűbbek.

Nemzetközi kitekintés – az ODYSSEE projekt felmérése alapján

Az ODYSSEE projekt az Európai Unió tagállamaiban, Norvégiában és Horvátországban követi nyomon az energiahatékonysági intézkedésekkel kapcsolatos szakpolitika alakulását, valamint ezek eredményességét (ODYSSEE, 2008).

Az ODYSSEE kutatás szerint a **háztartások átlagos energiafogyasztása** az EU tagállamaiban 2005-re többségében csökkent az 1997 óta. A legnagyobb sikereket Romániában, Lengyelországban, Észtországban és Litvániában érték el. Volt viszont néhány ország (Görögország, Lettország, Málta és Magyarország), ahol viszont kiugróan magas növekedés mutatkozott meg a fogyasztásban. Hazánk esetében 2000-2005 között az egységnyi alapterületre jutó energiafelhasználás a háztartások esetében 15%-kal, míg a szolgáltató szektorban még ennél is jobban, 17%-kal nőtt (IEA 2010).

A kutatás legutóbbi felmérésének eredménye szerint az Európai Unióban szinte minden tagállamban a **fűtésre** fordítódik a háztartások energiafelhasználásának nagyobbik része – a legmagasabb arányokkal Dánia, Németország, Ausztria és Szlovénia rendelkezik. A helyi építési szabványok sikerének tudható be, hogy a jóval hidegebb telű Finnország vagy Svédország esetében arányaiban kisebb a fűtési célú energiafelhasználás. Nagy-Britannia viszont arra mutat látványosan példát, hogy a magasabb életszínvonal, a jobb bérek eredményeként hosszú távon radikális változások is jelentkezhetnek: 1970 óta nem kevesebb, mint 7 °C-kal (!) nőtt a fűtési szezonban a lakások átlaghőmérséklete. Ez azonban sajnos nem a szigetelési technológia széles körű elterjedésére vezethető vissza, hanem a drasztikus mértékben megnőtt tüzelőanyag-felhasználásra (Kemp, M. 2010). A fenti jelenség káros következményeit erősíti, hogy **az EU összes országában gyorsabban nő a háztartások száma, mint a népesség**. Ez sajnos egy főre vetítve még nagyobb lakásokhoz, még több berendezéshez, magasabb energiafogyasztáshoz vezet.

Konklúzió

Az eddigiek alapján jól láthatóvá vált, hogy az épületeinkben óriási energiamegtakarítási lehetőségek rejlenek. Ezek léptéke a dunaújvárosi Solanova **panelépület** üzemeltetési tapasztalatai szerint 80-90%. Ez azért különösen figyelemre méltó, mert a Negajoule tanulmány szerint országos kitekintésben a **családi házak** esetében érhető el a legnagyobb mértékű megtakarítás, hiszen ezek a felmérések szerint 2-2,5-szer annyi hőenergiát igényelnek, mint a panelépületek lakásai. Egy, a Solanova-projekthez hasonló teljes rekonstrukciót feltételezve tehát a megtakarítás mértéke a családi házak esetében még ennél is nagyobb lehet! Határozott véleményünk tehát, hogy az egységnyi fűtött lakóterületre eső energiafelhasználás kapcsán **a forgatókönyvünkben 2050-ig elérendő célként meghatározott 75%-os csökkentés** nem csak tartható, de akár túl is szárnyalható. Ezt annak ismeretében is kijelenthetjük, hogy a 90% körüli, vagy ennél nagyobb megtakarítás, csak-egy-egy épületre vonatkozó érték, a forgatókönyvünkben pedig a teljes magyarországi lakásállományra kell becsléseket tenni.

A felújításokkal kapcsolatos hajlandóság felmérésére az Energiaklub által végzett kutatás a közelmúltban. E szerint a megkérdezett lakosság 57%-a csak akkor fogna hozzá a beruházásokhoz, ha az állam is hozzájárulna a költségekhez. Azok, akik amúgy is szerettek volna valamilyen energiahatékonyságot növelő beruházást végrehajtani a háztartásukban, 55%-os állami támogatás mellett már bátran belevágnának a felújításokba. A legtöbben (54%) az ablakokat, ajtókat cserélnék le, szigetelnék a falakat, illetve korszerűsíték a fűtési rendszerüket.

Az állam jelenleg több pályázatot is meghirdetett a lakosság számára energiahatékonysági felújítási célokra, ám ezek összege még jóval elmarad a szükségéstől. Mindössze 1,6 milliárd forintot osztanak szét az Új Széchenyi Terv Zöld Beruházási Rendszer keretében energiahatékonysági felújításokra és energiatakarékos új otthonok építésére – miközben a környezetre káros tevékenységek állami támogatása sok 100 milliárd forintos nagyságrendű. Az elemzők egyöntetű véleménye szerint ez az összeg nagyon rövid idő alatt (akár pár nap alatt) el fog fogyni – jól szemléltetve az ilyen jellegű támogatások kapcsán jelentkező valós igényeket.

A pályázatok esetében – sőt a műszaki szabályozásban általánosságban is – meg kellene jeleníteni az energiafelhasználás más aspektusait is. Véleményünk szerint az építőanyagokkal kapcsolatosan elvárásként kellene megfogalmazni a **szállítást nem igénylő helyi anyagok** minél nagyobb arányban történő alkalmazását (megte-

remtve ennek műszaki feltételrendszerét is – ami vélhetően nem lehet annyira bonyolult, ha évszázadokkal ezelőtt ez sem okozott problémát), illetve **az építőanyagok legyártásához szükséges energia** (embodied energy), valamint a különféle szintetikus anyagokkal szemben favorizálni – és anyagilag is támogatni – kellene a **természetben lebomló** építőanyagok alkalmazását.

Felhasznált irodalom:

Az Európai Parlament és a Tanács 2002/91/EC irányelve az épületek energiahatékonyságáról

Az Európai Parlament és a Tanács 2010/31/EU irányelve az épületek energiahatékonyságáról

Bohoczky F. (2008): Megújuló energiaforrások jövője Magyarországon - Forrás:
www.mee.hu/files/images/3/Bohoczky.pdf

Csoknyai T. – Osztrólczyk M. (2009): Solanova projekt– Környezetbarát energiatudatos panelépület-felújítási mintaprojekt Dunaújvárosban. SOLANOVA. 15 p.

Dióssy L. (2008): Energiamegtakarítási lehetőségek a lakossági és kommunális szektorban

Építéstani Intézet (2011): Használati útmutató passzív házakhoz. Forrás:
http://eptan.fmk.nyme.hu/eptan/publikacio_files/Pass-HUN.pdf

Eurostat (2011): Final Energy Consumption by Sector – Residential (2009).
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=en> (letöltve: 2011. 08.03.)

Feiler J. – Ürge-Vorsatz D. (2010): Hosszú távú (2050) kibocsátás csökkentési célok Magyarország vonatkozásában. 47 p.

Fülöp L. - Szűcs M. - Zöld A. (2005): A napenergia passzív hasznosításának hazai potenciálja

Fülöp O. (2011): NegaJoule 2020 - A magyar lakóépületekben rejlő energiamegtakarítási lehetőségek. Energia Klub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ. 25 p.

Hermelink, A. (2006): SOLANOVA. – European Conference and Cooperation Exchange. 15 p.

Hermelink, A. (2007): SOLANOVA– Symbiosis for Sustainability. – Konferencia előadás: European Forum on Eco-Innovation, Brussels, June, 2007.

IEA (2010): International Energy Agency Data Services. <http://data.iea.org/ieastore/statslisting.asp>

Kárász A. (2011): Energiafalo családi házak - Forrás: <http://www.zoldjovo.eu/201103szam/energiafalo-csaladi-hazak>

Kirby, A. 2008: Kick the Habit. A UN Guide to Climate Neutrality. UNEP, 202 p.

KSH (2010): A háztartások energiateljesítménye 2008. Központi Statisztikai Hivatal, 33 p.
<http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/haztartenergia08.pdf>

Központi Statisztikai Hivatal (2011)

Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve (2008)

Magyar Z. (2009): Az épületenergetika hatása az energiatakarékosságra. Konferencia előadás: 41. Nemzetközi Gázkonferencia és Szakkiállítás, Siófok

Major A. (2011): Lakásfelújítási támogatások újratöltve - Forrás:

http://www.napi.hu/magyar_gazdasag/tamogatast_akar_a_lakasfelujitashoz_jo_lesz_sietni_az_ingyenmillioke_rt.489936.html

NegaJoule 2020 adatbázisok (2011) - Forrás: <http://www.negajoule.hu/kategoria/alfejezetek/beruhazasi-tervek>

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008-2025 (2008)

Nemzeti Energiastratégia 2030 (2011)

ODYSSEE (2008): Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27

Ürge-Vorsatz D. – Novikova A. (2008): Klímapolitika. Szén-dioxid kibocsátás-csökkentési lehetőségek és költségeik a magyarországi lakossági szektorban.

Völner P. (2010): Magyarország és Közép-Európa energia szektorának a fejlesztési lehetőségei (a középületeket érintő szempontok).

Zóhls A. (2010): Rövid összefoglaló a magyar épületállományról - Forrás: <http://www.e-gepesz.hu/index.php?action=show&id=1812>

4.3.2 A fenntartható közlekedés felé vezető út 2050-ig (Miklós György – Munkácsy Béla – Györe Ágnes – Nyeste András)

Magyarország esetében az évi 50,4 millió tonna szén-dioxid-kibocsátás (KSH 2011) egyre nagyobb hányada a közlekedésből, különösen a közúti gépjárműforgalomból származik. A közlekedési szektor karbon-kibocsátása napjainkban 13-14 millió tonna évente (Merétei T. – Uhlik K. 2010), ami **180 PJ-nyi üzemanyag** felhasználásának az eredménye. A leglényegesebb beavatkozási pontot jól kijelöli az a tény, hogy ebből **170 PJ a közúti közlekedés** számlájára írható. Ugyanakkor ez az érték csak az életciklus egy szakaszára vonatkozik, kizárólag a mozgáshoz szükséges tüzelőanyagok elégetésével a légkörbe kerülő emissziót jelenti. Ehhez még hozzáadódik az életciklus korábbi szakaszainak kibocsátása is, ami különösen a személygépkocsik gyors **erkölcsi elavulásából** táplálkozó autógyártásnak köszönhetően további jó néhány PJ energiának feleltethető meg. Ráadásul a közle-

kedés számos más szempontból is komoly környezetterhelést jelent, így meghatározó szerepet játszik például a szmogjelenségek kialakításában vagy a természeti területek rohamos beépítésében, visszaszorításában is.

Fejezetünk célja, hogy olyan alternatívát vázoljunk fel, ami lehetővé teszi az elérhető legalacsonyabb energiafelhasználást és szennyezőanyag-kibocsátást a hazai közlekedésben. Ezen cél elérését a személyi közlekedési módok és az áruszállítási ágazatok aktivitásának átalakításával (a 4. táblázat energiafelhasználási adatainak figyelembe vételével) és a járművek hatékonyságának radikális javításával véljük elérhetőnek.

Véleményünk szerint a közlekedéssel járó káros hatások csökkentésének érdekében, többek között az alábbi változtatásokra van szükség – hazai és világviszonylatban egyaránt:

1. Műszaki fejlesztés (hatásfok növelése):

- a hatékonyabb, így alacsonyabb kibocsátású villamos hajtásra való átállás – az erőművek megújuló energiaforrásokra való átállásával párhuzamosan;
- a járművek önsúlyának csökkentése;
- fékezési energia visszanyerése és hasznosítása;
- anyagtakarékosság: hulladéktmentes gyártási technológiák széleskörű alkalmazása, melléktermékek újrafeldolgozása.

2. Környezettudatos területfejlesztés és közlekedésszervezés:

- utazási igények csökkentése várostervezési eszközökkel (pl. munkahelyek és vásárlási lehetőségek közelítése a lakóhelyekhez)
- kötöttpályás közlekedés radikális fejlesztése, P+R parkolók kialakítása;
- környezetközponitú intermodalitás támogatása (közút-vasút: RoLa, közút-hajó: RoRo);
- autómegosztás (közforgalmú autózás – car sharing) széleskörű alkalmazása;
- forgalomirányítási berendezések összehangolása;
- az autópályán sebességcsökkentés bevezetése az optimális energiafelhasználás és a kevesebb baleset érdekében;
- a közösségi közlekedésben a menetrendek összehangolása.

3. Gazdaságpolitikai intézkedés:

- a helyi önellátó közösségek minél szélesebb körű támogatása – amivel csökkenthető az indokolatlan szállítmányozási tevékenység;
- útdíjak és dugódíjak alkalmazása a légszennyezés és a forgalom csökkentésének érdekében;
- indokolt esetben behajtási zónák létrehozása, ami akár a személygépjárművek a belvárosból való kiltását is eredményezheti;
- a közlekedési igények radikális csökkentése pl. a távmunka támogatása révén;
- a lakosság ösztönzése a közösségi- és a gyalogos közlekedésre (például megfizethető jegyárak, kedvezmények bevezetésével);
- méret vagy teljesítmény alapján exponenciális mértékben növekvő adóteher a személygépjárművek használatára.

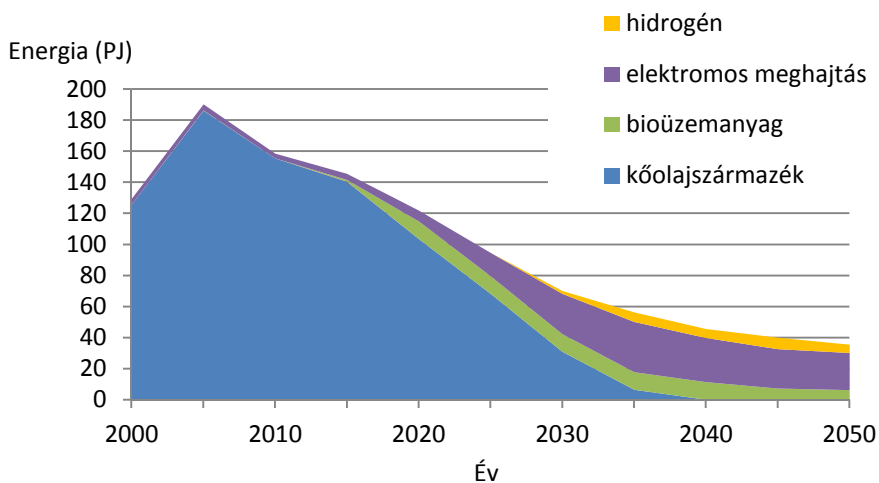
4. Emberi tényező:

- szemléletformálás a gyaloglás, a kerékpározás és a közösségi közlekedés szélesebb körben való elterjesztése érdekében (Kemp, M. [szerk.] 2010);
- az útvonaltervezés továbbfejlesztése és általánossá tétele;
- tudatos vezetési technikák intenzív oktatása.

Az előbbieken vázoltak következetes megvalósításával a közlekedés energiafelhasználása könnyen leszorítható akár a harmadára is 2050-re (bázisév: 2000).

4. táblázat: A különféle közlekedési módok átlagos energiafelhasználása (forrás: MacKay, D. 2009 és UBA 2008)³

Meghajtás módja	Energiaigény (kWh/100 utaskm)	Átlagos CO ₂ -kibocsátás (g/km)
Személygépkocsi		
• Otto-motoros	25-120	168
• Dízel	20-100	153
• Elektromos	13-33	0-105
• Hibrid	46	100-192
• Hidrogén	69-254	0
Repülőgép	37-80	205
Vasút		
• Dízel	9-18	22
• Villamos	1,6-6	n.a.
Autóbusz	15-32	36
Villamos	9-12	23
Motorkerékpár	20-50	112
Kerékpár	1,3-2	0
Gyalogos	3,6	0



25. ábra: A hazai közlekedési szektor energiafelhasználása a Vision Hungary 2040 forgatókönyvünkben

³ Az energiaigény esetében a nagy eltérések részben a különféle típusokra vezethetők vissza, de még inkább meghatározó, hogy hány utas veszi igénybe az adott eszközt. Az elektromos autónál szereplő kibocsátási érték a felhasznált primer energiaforrás függvénye.

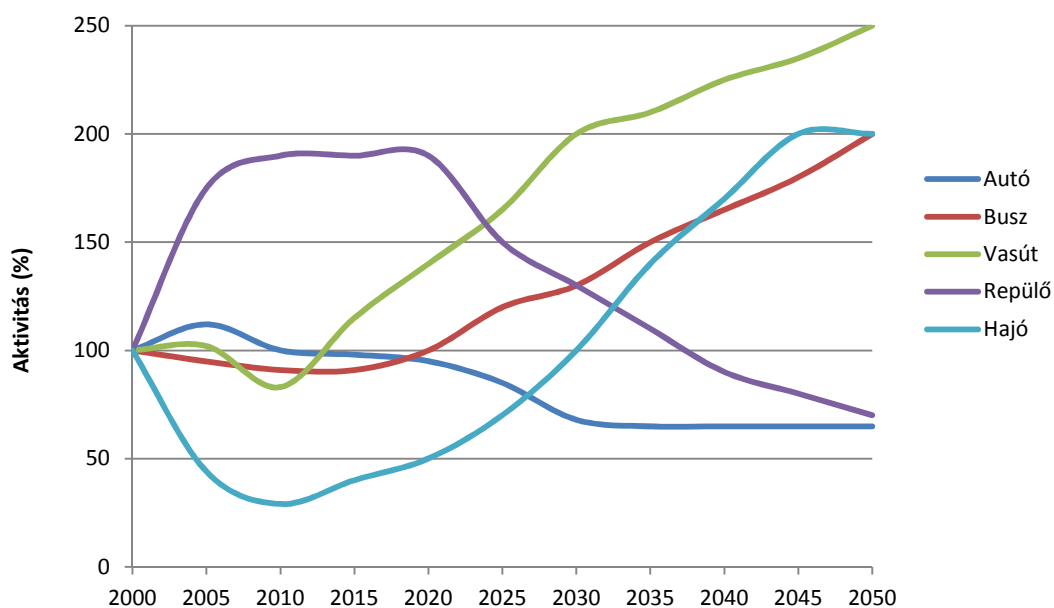
Elképzelésünk alapján a következő 5-10 évben kellene megindulnia a bioüzemanyagok és az elektromos hajtás szélesebb körű használatának. A bioüzemanyagok szinten tartása mellett 2025-től az elektromos meghajtás fokozatos aránynövekedését és a megújuló alapú áramtermelésre támaszkodó hidrogénhajtás megjelenését várjuk, mint újabb alternatívát. Számításaink szerint – eltökélt környezetközpontú szabályozási politika alkalmazásával – 2040 környékén a kőolajszármazékokat kizárhatjuk a közlekedésből.

Személyi közlekedés

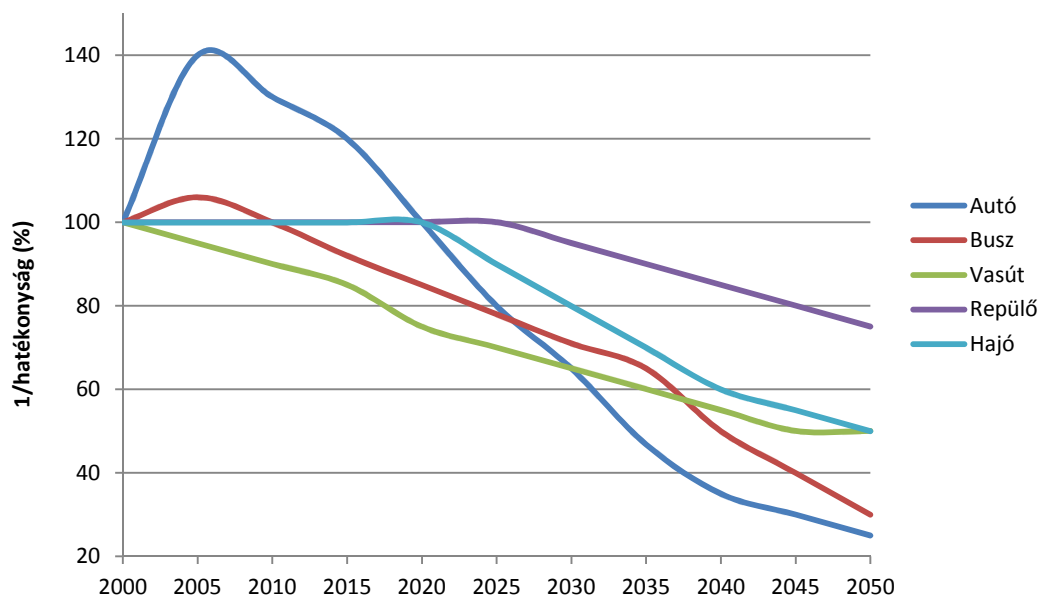
A személyi közlekedésben a legalacsonyabb hatékonysággal rendelkező, de ennek ellenére, a napjainkban mégis nagy számban igénybevett járművek (személygépjármű, repülő) csökkentését tűztük ki célul az elkövetkező évtizedekre. Ezt kizárólag olyan módon tartjuk elérhetőnek, ha ezzel egyidejűleg arányosan növeljük a lényegesen jobb energiahatékonysági mutatókkal bíró közösségi közlekedés súlyát, az ebben részt vevő eszközök számát.

Személygépkocsik

Az utasszállítás terén a személygépjármű a leggyakrabban használt közlekedési eszköz, hiszen az Európai Unió 27 tagállamában az össz-utaskilométerek 72%-át személyautókkal tesszük meg (EEA 2010). Érdekes, hogy ebben a tekintetben hazánk szerencsés helyzetben van, hiszen a statisztikai adatok tanúsága szerint nálunk ez a részarány az egyik legalacsonyabb, 60%-nál alig magasabb. Hazánkban jelenleg mintegy 3 millió autó fut az utakon, tehát majdnem minden harmadik lakosra jut egy személygépkocsi (KSH 2011).



26. ábra: A személyszállítási tevékenység aktivitásának forgatókönyvünkben tervezett változása



27. ábra: Az egyes közlekedési eszközök energetikai hatékonyságának várható javulása

Rendkívül lényeges, hogy a gépjárművek kapcsán mind a motorok hatásfokának terén, mind a kihasználtságban, de ami a leginkább lényeges: a használatának módjában változás álljon be. A probléma gyökere, hogy a belső égésű motorok átlagos hatásfoka optimális haladást feltételezve mindössze 20-25%-os, ami már önmagában is mielőbbi beavatkozást sürget. A cambridgei fizika professzor, MacKay, D. (2009) szerint az átlagos brit személygépkocsi energiafogyasztása 100 utaskm-re vetítve 80 kWh (4. táblázat). Azonban ennél lényegesen rosszabb a helyzet, hiszen a felhasznált üzemanyagnak csak töredéke hasznosul az utazók szállítására. Az energia döntő többsége a napjainkban egyre növekvő méretű gépjárművek saját tömegének továbbítására fordítódik – ellentétben például a későbbiekben tárgyalandó (elektromos) kerékpárokkal, ahol a jármű saját tömege elenyésző, így a felhasznált energia valóban az utazni vágyó célba juttatását szolgálja.

A továbbblépésnek tehát láthatóan több iránya van:

- a) átgondolt cél- és járműválasztás – csak valóban indokolt esetben közlekedjünk és még inkább indokolt esetben válasszunk személygépjárművet;
- b) a járművek jobb kihasználása (több utas szállítás);
- c) az kisebb méretű és tömegű eszközök fejlesztése és favorizálása;
- d) az energiaátalakítás hatásfokának javítása.

Az **elektromos** meghajtásra való áttérés az utóbbi vonatkozásban jelentene áttörést, hiszen a villanymotorok alkalmazása több mint 90%-os hatásfok elérését tenné lehetővé (Larminie, J. – Lowry, J. 2003). A villamos áram előállítása a jelenlegi hazai villamosenergia-rendszerben 410 g/kWh CO₂ kibocsátásával jár. Az elektromos autók 0,10-0,15 kWh/km energiafelhasználásával számolva ez napjainkban kb. 40-60 g CO₂/km kibocsátást jelent, ami jóval az autóipar jelenlegi mutatói alatti érték (Civin V. 2010 alapján). Ahogyan egyre nagyobb részarányt érünk el a megújuló erőforrásoknak az áramtermelésbe történő integrálásában, úgy csökken lépésről lépésre ez az érték, és megközelítheti akár a nulla emissziós értéket is – ugyanakkor más jellegű szennyező hatással a továbbiakban is számolni kellene, így lényeges például olyan technológiákra fókuszálni, amelyek a későbbiekben nagy mennyiségben keletkező akkumulátorhulladékok újrafeldolgozására megfelelő lehetőséget kínálnak.

Az elektromos üzemű járművekre történő váltás azonban nagy kihívás – többek között az akkumulátorok fejlesztése (töltési idő csökkentése, nagyobb tárolási kapacitás elérése) és a megfelelő infrastruktúra kialakítása miatt. Az elektromos autók elterjedésének lehetőségét forgatókönyvünkben éppen ezért csak 2020-tól láttuk reálisnak. Amíg a fenti nehézségek nem oldódnak meg, rövid és középtávon a **bioüzemanyagok** helyettesíthetik részlegesen a kőolajat. Ezek növekvő térhódítása azonban nem járhat együtt a biodiverzitás szempontjából értékes területek művelésbe vonásával, ezért kalkulációinkban nem számoltunk a nemzetközi elvárásoknál magasabb részaránnyal, ami forgatókönyvünkben 2020-2030 között 12 PJ energiamennyiség felhasználását jelenti.

Messzebbre előretekintve lehetőség van különféle **hidrogén** üzemű járművek üzembe állítására is. Maga a hidrogén könnyen elérhető másodlagos energiaforrás, mégis számos tényező akadályozza elterjedését, többek között a hidrogén tisztításának, szállításának, tárolásának nehézségei, valamint a szükséges infrastruktúra kiépítésének problémái. Mindezen tényezők figyelembe vételével, a hidrogénnel működő üzemanyagcellás technológia kereskedelmi léptékű megjelenését a 2030-as évekre várjuk. Forgatókönyvünk szerint 2040-ben a közúti közlekedésben ennek a másodlagos energiahordozónak a részaránya 15% (5,8 PJ), 2050-ben pedig 20% (a hatékonyságnövekedésből fakadó csökkenő energiaigény miatt már csak 5,2 PJ). A fosszilis üzemanyagok hidrogénnel való kiváltását legnagyobb mértékben a hajózásban és a repülésben gondoljuk elképzelhetőnek, ezek tekintetében részesedése 2050-re elérheti akár a 80%-ot is.

A tervezett változtatásokkal a személygépjárművek hatékonysága 2050-re megközelítheti a 2000-es szint négy-szeresét. Azonban, ez még mindig kevés egy fenntartható közlekedési rendszer működtetéséhez, így elengedhetetlen lépés, hogy a személygépkocsik éves aktivitását az ezredfordulón jellemző érték 65%-ára csökkentsük – miközben a vasúti személyszállítás volumenét 2,5-szeresére, az autóbuszokét 2-szeresére növelnénk. A következőkben ennek a fejlesztési iránynak a lehetőségeit járjuk körbe.

Közösségi közlekedés

A tömegközlekedési eszközök szennyezőanyag-kibocsátása és energiafelhasználása adott utaskilométerre vetítve jóval alacsonyabb, mint az egyedi közlekedésű autóké, éppen ezért a jövő közlekedési rendszere nem képzelhető el a közösségi közlekedés mélyreható reformja, radikális megerősítése nélkül. Minden szabályozási eszköz együttes alkalmazásával el kell érni, hogy ezek részarányát növeljük – miközben az autók számát és futásteljesítményét csökkentjük.

Vasúti személyszállítás

Energiahatékonyság tekintetében a közösségi közlekedés különféle megoldásai közül 3-6 kWh/100 utaskilométeres energiaigényükkel egyértelműen a villamos vontatású vonatok viszi a prímet (MacKay, D. 2009). Külön kiemелendő a nagy sebességű vonatok elterjedésében rejlő lehetőség. Az ehhez szükséges infrastruktúra mielőbbi kiépítését az Európa Unió „Trans-European Transport Network” programja támogatja. Jelenleg – Európa egészét tekintve – a repülőgéppel történő utazások közel 45%-át az 500 km-en belüli utazások teszik ki, melyeket kiválthatnánk a nagysebességű vonatok szélesebb körben való elterjesztésével (Kemp, M. [szerk.] 2010) – hiszen a tapasztalatok szerint az utazók szívesen lemondanak a reptéren töltött több órás várakozási időről, a repterek nehézkes megközelítésének nyűgjéről, vagy a csomagok súlykorlátozása okozta bonyodalmakról. Lényeges szempont az is, hogy a nagy sebességű vasúti hálózat megteremtéséhez nem kell feltétlenül újabb vasúti pályákat építeni, legtöbb esetben elég a meglévőket korszerűsíteni. A megújuló energiaforrásokra való áttérés is lényegesen egyszerűbb, aminek ékes bizonyítéka, hogy nemrégiben áadták át a forgalomnak az első napelemekkel üzemeltetett pályaszakaszt a Párizs és Amszterdam közötti gyorsvasút egy szakaszán.

A magyarországi lehetőségeket vizsgálva megállapítható, hogy a hazai vasút – a sorozatos leépítések ellenére – még mindig lényegesen kedvezőbb szállítási teljesítményt tud felmutatni, mint az európai országok legtöbbjének esetében. A belföldi pályaszakaszok állapotának radikális javítása, az egy sín párral rendelkező szakaszok két sín párosra bővítése olyan jelentős menetidő-csökkenést eredményezne, ami már önmagában komoly tömegek számára tenné újra vonzóvá a vasúti közlekedést. Jelenleg mindösszesen csupán a vasúti pályák **17%-án van kiépítve a kétvágányú vonal**, szemben a 41%-os európai átlaggal. Tekintve, hogy a **villamosított vasútvonalak aránya jelenleg csak ~36 %** (Jakab A. 2008), a villamosítás kiterjesztése ugyancsak hozzájárulna a forgatókönyvünkben jelzett kétszeres hatékonyságnövekedéshez. Ez még akkor is igaz, ha tudjuk, hogy a vasúti forgalomnak jelenleg közel 80%-a zajlik villamosított pályán, hiszen a szállítási teljesítmények növelésére – éppen a jelenleg kevésbé kihasznált vonalakon – a szolgáltatás minőségének javítása (jobb menetrend, korszerűbb szerelvények) és a közlekedés gyorsítása révén volna lehetőség. A nemzetközi nagysebességű vasúti hálózatba való integrálódás ugyancsak alapfeltétele az általunk tervezett 2,5-szeres teljesítménynövekedésnek. A Párizs-Brüsszel vonalon például az 1996-os átadást követően a 24%-os piaci részesedést sikerült 48%-ra növelni, miközben mind a személygépjármű-, mind a repülőgép-forgalom jelentős mértékben visszaesett.

Autóbusz

Valós üzemi körülmények között az autóbuszok átlagosan 32 kWh/100 utaskilométer energia felhasználásával éppen feleannyi üzemanyagot igényelnek, mint napjaink átlagautói (MacKay, D. 2009). Vagyis a buszok intenzívebb alkalmazása már önmagában jelentős mértékben csökkenti a közlekedési rendszer egészének energiaigényét – ebből a megfontolásból, ezek használatának mértékét a 2000. évi értéknek a duplájára emelnénk 2050-

re. Munkánk során az autóbuszok hatékonyságának növelésével is számoltunk, mégpedig nemzetközi trendeknek megfelelően megközelítőleg a 4-es faktort vettük számításba, így további jelentős energiamegtakarítást tételiztünk fel. A hatékonyság mértékének illetően javítása egyáltalán nem tűnik elképzelhetetlennek. Egyfelől az autóbuszok világában már komoly hagyományokkal rendelkezik a **dízel-elektromos hibridüzem**, amely révén a gyártók már most 25%-os üzemanyag-megtakarítást garantálnak. Hosszabb távon a ma még a tesztüzem szakaszában lévő **hidrogénüzemű** autóbuszok megjelenésével is lehet számolni – hiszen ezek ugyan próbaüzemben, de már menetrend szerinti forgalomban közlekednek például Oslóban, Londonban és Milánóban. Ennél lényegesen elterjedtebbek a plug-in rendszerű **akkumulátoros-elektromos** autóbuszok, amelyeknek világszerte csaknem 20 gyártója ismert.

Hazánkban, ahol elkerülhetetlen a járműpark fiatalítása, különösen fontos átgondolni, milyen lépéseket teszünk a beruházás terén, hiszen az új géppark beszerzése egyrészt nagyon költséges (több ezer milliárd forintos tétel), másrészt évtizedekre meghatározza a közlekedés jövőbeni energiafelhasználását. Az ország útjain futó buszok átlagéletkora 11-13 év közötti – az országos átlagnál rosszabb a helyzet a fővárosban, ahol a több mint 1300 darabos buszállomány átlagéletkora 16 év. Ebben a helyzetben jó példával szolgálnak a vidéki városok, hiszen ezekben több előremutató fejlesztés történt az elmúlt években. Debrecenben, Szegeden és Győrben például összesen 92 **földgázüzemű** autóbust helyeztek forgalomba, ezzel mérsékelve a városi közlekedés okozta környezetterhelést. További előnye ezeknek a fejlesztéseknek, hogy a jövőben az ilyen buszok könnyen állíthatók, akár **biogáz** üzemeltetésre is.

A hatékonyság növeléséhez hozzájárul a szervezés, a menetrendek összehangolása, valamint a helyes buszméret megválasztása. A vidéki közlekedésben sokszor azért nem versenyképes a busz, mert a járatok ritkán közlekednek, így elfogadhatatlanul hosszú a várakozási idő. Ilyen esetekben a buszok sűrítése lenne célravezető, valódi alternatívát biztosítva az egyéni közlekedéssel szemben. Ebben az esetben – a gazdaságossági szempontok mérlegelésével – főleg a kisebb forgalmú útvonalakon lenne érdemesebb mikrobuszokat alkalmazni. A nagyvárosokban további buszútvonalak kialakítása, illetve az úgynevezett „zöldutas rendszer” kiépítése tehetné hatékonyabbá a tömegközlekedést. Ez utóbbinak lényege, hogy egy, a jelzőlámpába épített szenzor érzékeli a busz közeledését, és a háttérben dolgozó számítógép úgy váltja a kereszteződésben a lámpákat, hogy segítse a mielőbbi átjutást. Nagyvárosi környezetben olcsó és hatékony megoldást jelenthet a **kötöttpályás gyorsautóbusz-rendszerek** kialakítása is, amelyre ugyancsak számos nagyszerűen működő példa akad a világban (Curitiba, Bogota, Guangzhou [Kanton]).

Villamos és trolis

A villamosok energiafelhasználás szempontjából igen kedvező megoldást jelentenek, hiszen 100 km megtételéhez 9 kWh villamos energiát használnak egy utasra vonatkoztatva – valós üzemi körülmények között, több éves tapasztalat szerint (MacKay, J.C. 2009). Nagyobb városainkban (Budapest, Miskolc, Debrecen, Szeged) ma is közkedvelt utazási eszköznek számítanak a villamosok. Használatuk nagy előnye, hogy működésük során közvetlenül nem bocsátanak ki légszennyező anyagokat, és egyszerre több utas szállítására képesek, mint a nem kötött pályás járművek. Sok esetben gyorsabb célba érést biztosítanak a közúti közlekedésnél, és zajhatásuk is mérsékeltebb. Az infrastruktúra kiépítése azonban költséges, így ilyen jellegű beruházásokra csak alapos elemzéseket követően, leginkább Budapesten volna lehetőség.

A villamos üzemű közlekedés másik lehetősége a trolibusz, amelynek üzemeltetése az energiafelhasználás szempontjából a villamossal vethető össze, így például az autóbushoz képest mintegy háromszoros hatékonysággal bír. Viszont a teljes életciklusban a fosszilis és az atomenergia alkalmazása esetében nyilván figyelembe kell venni az elektromos áram megtermelésének hatékonyságát, ami jelenleg erősen lerontja ezt az értéket. Az externáliákat tekintve – annak köszönhetően, hogy nem a sűrűn lakott városi környezetben szennyez – bizo-

nyosan szerencsésebb választás a hagyományos buszokhoz képest, ám a szükséges infrastruktúra kiépítése és az új járművek beszerzése nagyobb beruházást igényel. Előnyei már középtávon jelentkeznek, hiszen egy trolibusz élettartama kb. kétszerese, és a hajtáslánc karbantartási költsége csupán töredéke egy autóbuszénak. Történtek biztató fejlesztések ezen a területen is, így például megjelentek az önjáró trolibuszok, amelyek kizárólag saját elektromos berendezésükre támaszkodva képesek akár kilométereket megtenni a felsővezetékek sérülése esetén vagy a városképi szempontok miatt felsővezeték nélküli szakaszokon. Ilyen járműveket már Budapest vagy Debrecen utcáin is találunk, így jogosan feltételezhetjük, hogy hazai elterjedésük elé a jövőben sem hárulnak komoly akadályok. Végeredményben az autóbuszos utazás alternatívájához képest – egy megújuló energiahordozókra épülő rendszerben a teljes életciklust figyelembe véve – a trolik révén akár 50-70%-os energia-megtakarítással is számolhatunk.

Vízi utasszállítás

A KSH adatai szerint a magyarországi helyközi személyszállításban 2001-ben 2,93 millió fő vett részt hajóval, ez az összes szállított utasnak a töredéke, mindössze 0,39%-a volt. A 2009. évi 859 ezer fő esetében ez az arány már csak 0,13%-ot jelent. Vagyis alig egy évtized távlatában közel 70%-os csökkenés következett be a hajóval utazók számában. Ennél is többet árul el a valós helyzetről, hogy az utasok túlnyomó többsége a turizmus révén került be a statisztikába.

Megítélésünk szerint hatékonyabb technológiával, jobb szervezéssel – minimális tőke bevonása árán – elképzelhető lenne, hogy a hajózás a helyközi, esetlegesen a helyi személyközlekedésben is nagyobb teret nyerjen. Budapest esetében például a város északi és déli részét 30 km távban köti össze a Duna. A folyó mentén nincsen teljes hosszban megoldva sem a kötött pályás, sem a közúti tömegközlekedés, így kézenfekvő lenne a hajózási szolgáltatás igénybevétele. Kiaknázandó lehetőség rejlik még a budapesti agglomeráció északi és déli részén fekvő települések közlekedésének diverzifikálásában is. A Dunakanyarban a folyó jobb partján is számos olyan település található, amelyek nem állnak vasúti összeköttetésben a fővárossal, így a beutazók csak személygépkocsival vagy busszal, általában a dugóban araszolva közelíthetik meg a centrumot. A térség településeinek együttes lakossága 50000 fő, jó részük ingázó. Ezt a számot megsokszorozza a térséget látogató turisták tömege. Egy jól működő, gyors vízi összeköttetés minden bizonnyal jelentős érdeklődést váltana ki, ami – már csak a kedvező energiahatékonysági jellemzőket tekintve is – környezetvédelmi előnyökkel is járhatna.

Kijelenthetjük tehát, hogy napjainkban a vízi közlekedés nyújtotta lehetőségeink messze kihasználatlanok, ezért szükség lenne a hajózáshoz kötődő szolgáltatások átgondolására, megszervezésére és a kapacitások bővítésére. Az elkövetkezendő években fokozatosan ki lehetne építeni egy hatékonyan működő, főleg a Duna menti településeket ellátó személyszállító rendszert. Forgatókönyvünkben azt feltételeztük, hogy a személyszállítás volumene – a jelenlegi zuhanórepülést követően – 2030-ra újra elérné a 2000. évi szintet, majd tovább bővíülhetne. 2045-re már a 2030-as szállítási teljesítmény megduplázódásával kalkuláltunk. Ez a növekedés azonban nem járna az energiaforrások nagyobb mértékű felhasználásával, mert a vízi személyszállítás hatékonyságát forgatókönyvünk szerint 2050-ig a duplájára kell emelni. Ennek alapja egyfelől az előregedett flotta folyamatos lecserélése, másfelől az új típusú hajtásláncok (villanymotorok) és üzemanyagok (hidrogén) bevezetésével járó jelentős hatékonyságnövekedés.

Légi utasszállítás

Mai ismereteink szerint a légiközlekedés fenntarthatósága a leginkább kérdéses, hiszen ebben az ágazatban az energiahatékonyság további fokozására már kevés mozgástér maradt (MacKay, D. 2009). A racionalizálás, vagyis a kihasználtság javítása azonban még rejt további lehetőségeket, amit az igazol, hogy az e tekintetében legsikeresebb cég (egy európai fapados légitársaság) a repülőgépek energiafelhasználását 100 utaskm-re vetítve 37 kWh-ra szorította vissza (ami összevethető azzal, amikor egy személyautóban két fő utazik), míg a szektor

átlagos mutatója 50-55 kWh/100 utaskm. Akadályozza a továbblépést, hogy a szoros verseny miatt a társágoknak alacsonyabb kihasználtság mellett is érdeke közlekedtetni a járatokat, hogy a már meglévő utazóbázisukat el ne veszítsék. Ennek köszönhetően például a Malév járatain például csak 66,8%-os kihasználtság jellemző.

Egyelőre szerény előrelépések mutatkoznak a radikális technológiaváltás tekintetében is, úgy tűnik, hogy – bár kísérleti gépek már napenergiával is képesek repülni – a fosszilis energiahordozók szűkösségére középtávon a bioüzemanyagok jelenthetik a megoldást.

Forgatókönyvünkben a légi utasszállítás volumenét a 2000. évi érték 70%-ára szorítottuk vissza 2050-ig. Ennek magyarázataként két tényezőt emelhetünk ki. Egyfelől fontos szerepe lesz az üzemeltetési költségek emelkedésének, ami a szűkülő készletek és a növekvő igények kölcsönhatásaként, a kőolaj árának növekedése következtében alakul majd ki. Másrésről hazánkban is új dimenziót nyitna – a nemzetközi légi utasszállítás konkurensként – egy kellően gyors vasúti hálózat létrehozása. Ezek eredőjeként a légiközlekedés a jövőben elsősorban a nagyon távoli célállomásokra szorítkozhatna.

Kerékpározás

Ugyan nem tartozik a közösségi közlekedés tárgykörébe, de a megoldások között feltétlenül helyet követel magának a jövő egyik legfontosabb közlekedési eszköze, a kerékpár. Elterjedése nemcsak a tisztább levegő szempontjából lényeges, hanem testi és lelki egészségünk szempontjából is alapvető fontosságú. A kerékpározás térnyerése energetikai szempontból is hatalmas lépés volna, mivel ez a közlekedési módozat kétségtől mindegyik közül a leginkább hatékony, hiszen alig 2 kWh/100 utaskm energiafelhasználással jellemezhető (MacKay, D. 2009). Sőt, ma már széles választékban kínálnak akár teher-, akár utasszállításra alkalmas változatokat, de kerékpárra csatolható utánfutókat is, így a fenti érték akár a felére is leszorítható.

Viszont ahhoz, hogy ne pusztán „extrém sport”, hanem a többi közlekedési módozat konkurensé lehessen a biciklizés, fejlesztésre és szemléletváltásra egyaránt szükség van. Bővíteni kellene a kerékpárutakat, annak figyelembevételével, hogy azok összefüggő hálózatot alkossanak, és a tervezés és kivitelezés minőségét is radikálisan javítani kellene. A közlekedési csomópontokban és a városok frekvenciált területein biztonságos – jó esetben fedett – kerékpártárolókat és biciklikölcsönző rendszert kell kiépíteni.

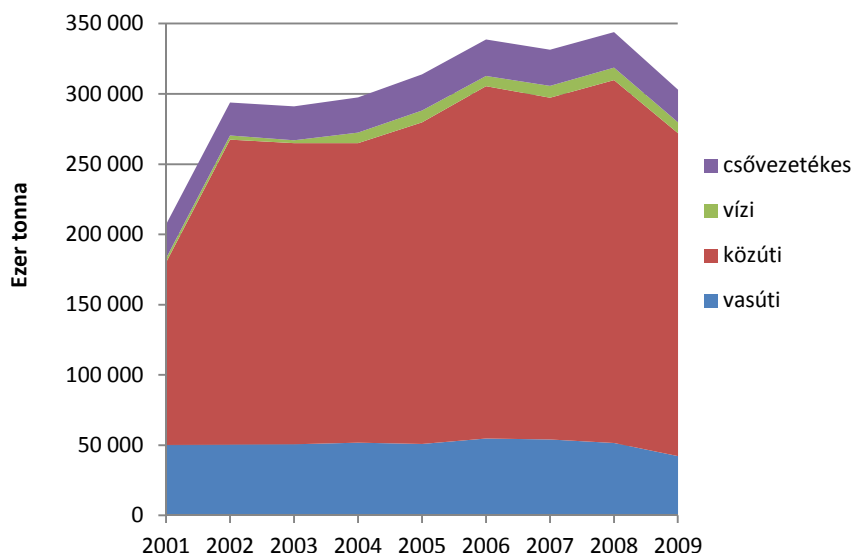
A mintának tekinthető Dániában például 12 300 km a szisztematikusan kiépített teljes kerékpárút-hálózat teljes hossza – sűrűsége **286 m/km²**. A területileg kétszer akkora Magyarországon nagy jóindulattal is csak 1500 km-es kerékpárút-állománnyal számolhatunk, de korántsem összefüggő rendszerben – ez pedig alig **16 m/km²** sűrűséget jelent. Ráadásul Dániában a kerékpárutak döntő többségét az autópályáktól szintben is elválasztották, és a rendszer magában foglal több ezer kerékpáros alagutat és felüljárót is. Az utak átlagos szélessége 2,2 méter, de Koppenhágában – a nagy, és egyre növekvő forgalom miatt – egyes szakaszokon már 3,5 méteres szélességre kezdték az utakat átalakítani. Szemben a hazai zűrzavaros és balesetveszélyes helyzettel, Dániában már ma is minden kerékpárút szigorúan egyirányú. A fentiek eredményeképpen a fejenként kerékpárral megtett távolság átlagosan – minden egyes állampolgárt a csecsemőtől az aggastyánig beleszámítva – **958 km/év**. Csak Koppenhágában 1,2 millió km-t tesznek meg naponta biciklivel a helyi lakosok (www.cycling-embassy.dk/).

Hazánkban az elmúlt 1-2 esztendőben az igények és a kerékpáros-forgalom megnövekedése főként Budapesten szembeötlő, itt egy elfogadható minőségű hálózat és a hozzá tartozó infrastruktúra kiépítésével akár sokszorosára is növekedhetne a megtett kilométerek száma. A Zero Carbon Britain szakértői szerint az Egyesült Királyságban az elkövetkező 20 esztendőben akár 6-szorosára, sőt az elektromos kerékpárok figyelembe vételével

akár **7-szeresére is nőhet az évente megtett kerékpáros-kilométerek száma**, így részaránya a teljes közlekedésben meghaladhatja a 3%-ot (Kemp, M. [szerk.] 2010). Tekintve, hogy a jelenlegi átlag brit mindössze **75 km/év** távolságot győz le kerékpárjával, 2030-ra egy ilyen jelentős növekedés mellett sem fogja az Egyesült Királyságban lényegesen meghaladni a kerékpárral megtett utazások hossza az 500 km-t. Ez a jelenlegi dán átlagnak csak a felét jelenti majd, pedig a brit szerzők ebbe már azt is belekalkulálták, hogy a tapasztalatok szerint az elektromos kerékpárok elterjedésével radikálisan nő majd a kerékpárhasználat, hiszen ezek az eszközök akár nagyobb távolságokon vagy változatos domborzati viszonyok között is kiválthatják a személygépkocsik közlekedését (Kemp, M. [szerk.] 2010).

Áruszállítás

A 2001-es adatok alapján hazánkban az áruszállítás során mozgatott áruk tömege közel 207 millió tonna volt, ami 2009-re a másfélszeresére emelkedett, és elérte a **303 millió tonnát**. Mielőbbi központi beavatkozást sürgető jelenség, hogy a közel 100 millió tonnával megemelkedett szállítási volumen lényegében teljes egészében az eddig is döntő szerepet játszó **közúti áruszállítás** révén jutott célba. Így 2009-ben a kamionok közel 230 millió tonna árut mozgattak meg – részarányuk a 2001-es 63% helyett elérte a **75,83%-ot**. A lényegesen energiahatékonyabb és környezetkímélőbb vasúti, vízi és csővezetékes szállítás teljesítménye együttesen is csak 73 millió tonna (24,17%) volt.



28. ábra: Az áruszállítás volumenének változása 2001-2009 között

Egyenesen aggasztó a **nemzetközi közúti fuvarozás** mutatóinak növekedése, hiszen ebben a szegmensben a szállított áru tömege **2001 és 2009 között csaknem 4,5-szeresére nőtt** (KSH 2011). Ez nem csak energetikai értelemben elhibázott fejlesztési irány, de externális hatásaival együtt százmilliárd forintos nagyságrendben különféle károkat is eredményez a leginkább érintett térségekben (Lukács A. – Pavics L. 2007). A környezet-szennyező és egészségkárosító hatások externális költségei (a torlódások nélkül kalkulálva) egy felmérés szerint

a **légi szállítás** esetében a legjelentősebbek, elérik a **205 EUR/1000 árutonna-km** értéket. A **közúti** szállítmányozás **88 EUR/1000 árutonna-km**, a vasúti 19, a vízi szállítás károkozása 17 EUR/1000 árutonna-km (Rixer A. – Tóth L. 2003). A közúti áru fuvarozás esetében a 2010-re számított 22 363 millió árutonna-km-es adatot figyelembe véve (KSH 2011) ez azt jelenti, hogy hazánkban ez a megoldás éves szinten **2 milliárd Euro** (540 milliárd Ft – 270 Ft-os Euro árfolyammal számolva) **externális költséggel** terhelte a lakosságot (és a következő generációkat).

Mindezen adatok alapján két sürgető változtatás megvalósítása szükséges. A szállítási igények visszafogása, valamint az áruszállítási módokat a helyes, a fenntarthatóság szempontjait előtérbe helyező kihasználása. Mindezek figyelembevételével csökkenteni kell a közúti és légi fuvarozást – a vasúti és a vízi szállítási módok egyidejű növelésével.

Általánosan érvényes szempontok az áruszállítás tekintetében

Mint a környezetvédelemben általában, a legjobb megoldás ez esetben is a **megelőzés**. A fenntartható fogyasztás egyik fontos ismérve, hogy a szükséges termékeket a lehető legkisebb távolságról szerezzük be – ezzel csökkenteni lehetne a termékek felesleges utaztatását és számos más szempontból is előnyös lenne. Abból kiindulva, hogy óriási mennyiségű energiát pazarolunk a termékek felesleges utaztatásával, egy másik fontos teendő a már megvásárolt termékek életidejének megnyújtása (használati utasítások betartása, javítás), a hulladékká válás megakadályozása (újrahasználat). Ugyancsak csökkenti az áruszállítás igényét az újrafeldolgozás lehetőségeinek minél nagyobb arányú kihasználása.

Az áruszállításban résztvevő járművek hatékonysága – a személyközlekedéshez hasonlóan – jelenleg igen szerénynek mondható. A személyszállítással kapcsolatos fejezetben bővebben kifejtett lehetőségek többsége természetesen az áruszállításban is alkalmazható, ezért ebben a szegmensben is elérhetőnek tartjuk 2050-ig az energiafelhasználás mértékének radikális csökkentését akár a jelenlegi fogyasztás harmadára, de akár negyedére is.

Közúti áruszállítás

Forgatókönyvünkben arra törekedtünk, hogy az alacsony energiahatékonyság és a jelentős környezeti károk okán a közúti teherfuvarozást minél inkább háttérbe szorítsuk. Éppen ezért a hosszabb távú úti célok esetében – az intermodalitás lehetőségeinek legteljesebb figyelembe vételével – a vasúti és hajózási szállítási mód kínálta lehetőséget javasoljuk kihasználni, míg a közúti fuvarozás forgatókönyvünkben a rövid távú szállítási igényeket szolgálja majd. Ehhez nélkülözhetetlen a gazdasági szabályozás reformja, amelynek alapja – az okozott károk kompenzálását elrendő – a megtett távolsággal arányos útdíj bevezetése. Az alacsonyabb rendű útvonalakon súlykorlátozás bevezetését tartjuk indokoltnak – illetve ennek a jelenleginél hatékonyabb ellenőrzését, betartását.

Vasút, hajó

A nagy tömegű áru hosszú távra való szállítása esetén egyértelműen a vasút és a hajózás igénybevétele az ésszerű megoldás, akár az energiafelhasználást, akár az externális költségeket vesszük alapul. Ennek értelmében a stratégiai célunk ezen járművek minél nagyobb arányú kihasználása lehet. Ennek egyik lehetséges – már régóta létező, ennek ellenére kevésbé kihasznált – módja az intermodális vagy kombinált áruszállítás bevezetése, azaz a különféle szállítási módokon okszerű kombinálása.

Csővezetékes szállítás

Energetikai szempontból a leghatékonyabb megoldásnak a csővezetékes szállítást tartjuk. Hosszú időtávlatban előrettekintő forgatókönyvünkben azonban ennek a lehetőségnek jelentős visszaszorulásával számolunk, hiszen

elképzelésünk alapja éppen az, hogy a saját erőforrásainkra támaszkodva egyfajta autonomitásra tegyünk szert. Éppen ezért – az elmúlt évek politikai elképzeléseivel ellentétben nem a külföldi földgáz importjára fókuszálunk, sőt, kifejezetten károsnak tartjuk azokat a tervezett beruházásokat, amelyek hazánk energetikai kiszolgáltatottságát a további évtizedekre bebetonozzák, és forrásokat vonnak el a valóban létfontosságú hatékonyságnövelési projektektől.

Forgatókönyvünkben éppen ezért a csővezetékes szállítási mód 2050-re szinte teljesen megszűnik, a meglévő vezetékhálózatra a jövőben kizárólag a decentralizált keretek között, helyi szinten termelődő biogáz fogyasztókhoz való továbbítására tartanánk fent.

Felhasznált irodalom

Civin V. (2009): Környezeti, szociális és társadalmi jelentés http://tasz.hu/files/tasz/imce/kornyezeti_jelentes_2009_tanusitva.pdf (2011. 07. 22.)

European Environment Agency (2010): Towards a resource-efficient transport system. Indicators tracking transport and environment in the European Union. 2010/2. <http://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-resource-efficient-transport-system> (2010. 10. 17.)

Jakab A. (2008): Az EU-források hatékonyabb megszerzése és felhasználása a vasúti fejlesztések területén, Budapest 21 p. A MÁV Zrt. Pályavasúti üzletág középtávú üzleti stratégiai kiadványa 2008

Kemp, M. [szerk.] (2010): Zero Carbon Britain 2030. Centre for Alternative Technology. 384 p.

KSH (2011): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok – 5.10. Környezetvédelem - Légszennyező anyagok kibocsátása (1990-2009) http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ua002.html (letöltve: 2011. 07. 26.)

Larminie, J. – Lowry, J. (2003): Electric Vehicle Technology Explained

Lukács A. - Pavics L. (2006): Az energiahatékonyság nemzetgazdasági lehetőségei a közlekedésben. Budapest.

Lukács A. - Pavics L. (2007): A sínek tovább bírják. Levegő Munkacsoport, Budapest. 44 p.

Merétei T. – Uhlik K. (2011): KTI grafikus adatbázis.

<http://www.kti.hu/index.php?mact=Album,m5,default,1&m5albumid=125&m5page=4&m5returnid=503> (2011. 07. 23.)

MacKay, D. (2009): Sustainable Energy – Without the Hot Air. Cambridge. 383 p.

Ráth György (2006): Magyarország vízi közlekedése napjainkban. In: Magyarország vízi közlekedése. <http://cuh.freeshell.org/munkaim/vizikozl.html#napjainkban> (2010. 11. 21.)

Rixer Attila – Tóth Lajos (2003): Az EU közös áruszállítási- logisztikai politikája. EU working papers 1/2003, 12 p.

Umwelt Bundes Amt (2008): <http://www.umweltbundesamt.de/> (2010. 09. 12.)

www.cycling-embassy.dk (2011. 07. 17.)

4.4. A megújuló energiaforrások potenciáljai Magyarországon (Munkácsy Béla)

Ebben a fejezetben a szakirodalomra és saját számításokra alapozva tekintjük át a megújuló energiaforrások alkalmazásában rejlő lehetőségeket. A saját számításokra – és ezzel együtt az ezzel kapcsolatos **módszertan kidolgozására** – azért volt szükség, mert a korábban megjelent potenciálokat sok esetben semmiféle kalkulációval nem támasztották alá (vagy talán a számításokat nem publikálták – ám így ezeket inkább csak durva becslésként foghatjuk fel, különösen, hogy sokszor még azt sem tüntették fel, hogy elméleti, technikai vagy társadalmi potenciálokról van-e szó). Ha mégis mellékeltek kalkulációkat, akkor ezek némely esetben erősen vitathatónak bizonyultak (szélenergia). Előfordult, hogy a különféle források egymáshoz képest igen eltérő adatokat közöltek (biomassza). Sőt, a környezeti hő hasznosításában rejlő potenciálok kapcsán olyan területekkel is találkoztunk, amelyekre semmiféle korábbi forrásban potenciál értéket nem találtunk, így most – ismereteink szerint – **ebben a kötetben közlünk először** hazánkra vonatkozóan ilyen adatot.

A potenciálok közül elsősorban a **technikai**, valamint a **társadalmi-gazdasági potenciálok** nagyságát határozzuk meg. Az előbbi esetében hangsúlyosan egy elméleti lehetőséget vázolunk fel, amelynek teljes kiaknázása bizonyosan nem fog megtörténni – de mégis, mint rendelkezésre álló maximális érték, az adottságainkról képet ad. A társadalmi-gazdasági potenciálok esetében egy olyan értéket adunk meg, amely kalkulációink szerint reálisan meg is valósulhatna – abban az esetben, ha a szabályozási környezet nem fékezné, hanem támogatná a megújuló energiaforrások magyarországi elterjedését. A potenciálok között felsorakoztatjuk és értékeljük azokat az ún. **program potenciálokat** is, amelyek a jelenlegi hivatalos kormányzati elképzeléseket tükrözik.

Munkánk során csak a környezeti fenntarthatóság szempontjából elfogadható megoldásokkal igyekszünk foglalkozni. Éppen ezért nem tárgyaljuk a hulladékok energetikai hasznosításának témakörét, hiszen ez – amellett, hogy energetikai szempontból valóban kínál lehetőségeket – hulladékgazdálkodási szempontból mindenképpen kerülendő megoldásnak tekintendő. Egy költséges hulladékégetőmű megépítését követően ugyanis mulhatatlan szükség lesz az ártalmatlanítandó/hasznosítandó hulladékra, mégpedig hatalmas mennyiségben. Ez viszont nyilvánvalóan nem egyeztethető össze a hulladékkezelés megelőzésének alapelveivel, tehát ebből a szempontból kifejezetten káros megoldásnak tartjuk. Ugyanakkor az égetésnek vannak kedvezőtlen energetikai következményei is, hiszen ezáltal maga az anyag és az abba – a gyártási folyamatok során – „beépült energia” is elveszik számunkra. Az égetéses hulladékártalmatlanítás végső következményei tehát az állandósuló nyersanyag- és energiaigény, ami környezeti szempontból számtalan teherrel és kockázattal jár, így véleményünk szerint ez a megoldás nem lehet része egy fenntartható energiaforgatókönyvnek.

Vizsgálódásainkat időben előretekintve 2050-ig végeztük el. A következő fejezetekben – és a kötet korábbi részeiben is – ezért nagyon sok helyen 2050-es állapotokra, célértékekre utaló megállapításokkal találkozunk. Időközben azonban kiderült, hogy a rendszer fenntartható működésre való átállítása – egy optimális forgatókönyvet feltételezve – már 2040-re megtörténhet. Ez magyarázza a címben megjelenő dátumot. Forgatókönyvünkben erre az időpontra érik el a megújuló energiaforrásokat felhasználó technológiák a legnagyobb teljesítőképességüket, ettől kezdődően – a hatékonyság további javulásának eredményeként – a beépített teljesítmény véleményünk szerint csökkenthető. Ebből következően a megújuló energiaforrásokban rejlő lehetőségeket feldolgozó jelen fejezetben sok esetben a 2040. évre is utalásokkal kellett élnünk. A fentiek magyarázzák az elsőre következetlennek tűnő helyzetet, amelyben néhol a 2040-es máshol a 2050-es dátumra hivatkozunk.

4.4.1 Napenergia (Munkácsy Béla)

A napenergiában rejlő potenciálok kapcsán alapvetően 3 alkalmazás vizsgálatával foglalkozhatunk. A napenergia passzív hasznosítása kínálja a legegyszerűbb, sőt akár ingyenes megoldásokat, míg az aktív napkollektoros hőenergia-termelés és napelemes áramtermelés a ma már megfizethető kategóriába tartozó technológiák

(különösen annak fényében, hogy egy olyan presztízsb beruházás, mint egy autó megvásárlása, mekkora tehertétel a családok számára – a fenntartás költségeiről már nem is beszélve).

A passzív napenergia-hasznosítás

A passzív napenergia-hasznosítás különféle építészeti megoldásokat jelent, amelyek révén az épületszerkezetet tesszük alkalmassá a napenergia begyűjtésére és tárolására. A jelenlegi épületállomány egészére vonatkozóan a napenergia hazai építészeti (passzív) hasznosításának mértékére nem állnak rendelkezésre pontos adatok. Ennek fő oka, hogy a meglévő épületállomány építészeti, épületszerkezeti, hőtechnikai és a szoláris adottságok szempontjából is igen heterogén, ezért a potenciál meghatározása szinte minden épület egyenként történő felmérését igényelné. A szakirodalomban általánosan idézett alapadat szerint egy épület fűtési energiafelhasználása a plusz beruházási forrást lényegében nem igénylő, egyszerűbb passzív **direkt szoláris rendszerekkel 15–20%-kal**, míg indirekt rendszerekkel 25–35%-kal csökkenthető (Farkas I. 2010). Ugyanakkor látni kell, hogy a már meglévő épületek passzív napenergia hasznosításra való alkalmassá tétele az esetek döntő többségében nem megoldható, hiszen az épületek tájolását megváltoztatni nem lehetséges. Például egy nyugat-keleti tengellyel rendelkező, észak felé tájolt épület esetében csak meglehetősen nagy átalakításokkal volna megvalósítható az épület dél felé történő megnyitása – ha egyáltalán, hiszen a nyílászárók áthelyezése önmagában még nem elegendő, a helyiségek rendjét is meg kell változtatni, falakat megszüntetni, újakat építeni. Ilyen esetben – ha nincs nagyobb árnyékoló tereptárgy a közelben – lényegesen egyszerűbb és igen gyorsan megtérülő beruházást jelent az aktív hasznosítás, vagyis ez esetben leginkább levegős napkollektorok elhelyezése az eredendően zárt, déli homlokzaton. Megoldhatatlan problémát jelent azonban egy olyan helyzet, amelyben az épület észak-déli tengelyű (döntően kelet vagy nyugat felé néző ablakokkal), hiszen ilyen esetben nem tudunk eleget tenni a passzív napenergia-hasznosítás egyik alapfeltételének, az épület dél felé történő megnyitásának. Még jó tájolás esetén is nehézséget jelent az épület belső struktúrájának átalakítása, a puffer zónás elrendezés kialakítása. Bár a szakirodalom szerint a **meglévő épületállomány rekonstrukciójára** alapozva hazánk teljes passzív szoláris termikus potenciálja **37,8 PJ-ra** tehető (Fülöp L. – Szűcs M. – Zöld A. 2005), a fenti érvelésre hivatkozva nem tartjuk valószínűnek, hogy a jövőbeni fejlesztéseknek ez jelenti az útját, ezért ezzel forgatókönyvünkben nem is számoltunk. Ugyanakkor az **új építésű épületek** esetében lehetségesnek és célszerűnek tartjuk a passzív napenergia-hasznosítás lehetőségét figyelembe venni és a napenergia-hasznosítás potenciálja esetében ezzel számolni.

Az aktív napenergia-hasznosítás

Ebben a fejezetben a hőenergia-termelésre szolgáló **fototermikus** és a **villamos energia** előállítására alkalmas fotovillamos rendszerek, valamint a kettő kombinációját megtestesítő **hibrid** megoldások alkalmazási lehetőségeit mutatjuk be.

1) A **fototermikus** megoldások két kézenfekvő lehetőséget kínálnak.

1a) A **levegős napkollektorok** főként az átmeneti, tavaszi-őrszi időszakban jelentenek hozzájárulást a **nem megfelelően tájolt épületek** fűtési energiafelhasználásához – jól tájolt épületek esetében a passzív napenergia hasznosítás egyfelől már önmagában jelentékeny mennyiségű hőenergiát biztosít, másodsorban pedig a nagyméretű üvegfelületek miatt ilyen esetben csak igen kevés felület marad a levegős kollektorok felszerelésére. Elhelyezésükre a tető is alkalmas, de általában szerencsésebb ezeket a függőleges falfelületre rögzíteni – hiszen így valósulhat meg optimálisan a földszinti helyiségek fűtése. (Sokemeletes épületek esetén a levegős kollektorok elhelyezése általában nem megoldható, tekintve a felszerelés és karbantartás nehézségeit.) A levegős kollektorok esetében a várható energiahozam ősztől tavaszig mintegy **200-210 kWh/m²** – vagyis egy átlagos méretű berendezést feltételezve 800-1000 kWh/év –, ugyanakkor a rendszer ventilátorának működése 15-20 kWh/év villamos energiát igényel. Célszerű ezt a villamos energiát ugyancsak napenergiával – napelem segítségével – fedezni, hiszen így lényegében egy olyan önszabályozó rendszert kapunk, amely nem igényel külön vezérlést.

A Negajoule 2020 (Fülöp O. 2011) megállapításai szerint az átlagos magyarországi családi házak energiaigénye 400-500 kWh/m²/év, a téglá társasházak esetében 200-300 kWh/m²/év (panelépületekkel ez esetben a koráb-

ban említettek miatt nem számolunk). Ezek szerint ahhoz, hogy egy 80 m^2 alapterületű átlagos családi ház fűtésében 20%-os részarányt el lehessen érni, kb. 100 m^2 -nyi felületre volna szükség, ami legalább 3-4-szerese annak, ami egy épület esetében valóban rendelkezésre áll. Mindazonáltal azt kijelenthetjük, hogy napsütéses időben – és különösen az átmenti évszakokban – az egyszerű levegőkollektorok is jó szolgálatot tehetnek az épület energiaellátásában, az áramot is termelő **hibrid rendszerek** – például üzemcsarnokok, raktárépületek hatalmas déli oldalfalára felhelyezve – pedig egyenesen meghatározó szerepet tölthetnek be.

Tekintve, hogy olyan jellegű felmérés nem készült, amely a kifejezetten rosszul tájolt épületek dél felé tekintő falfelületeinek méretét vizsgálta volna – figyelembe véve a növényzet és a szomszédos épületek vagy kerítések árnyékoló hatását –, ezért az ebben rejlő potenciál mértékét nem tudjuk meghatározni (véltetően elhanyagolható mértékű), így ezt a forgatókönyvünk készítése során nem is vettük figyelembe.

1b) A folyadékos napkollektor rendszerek

A folyadékos napkollektor rendszerek kapcsán igen sokféle technikai megoldást használnak, számításainkhoz a leggyakoribbat, a **kétkörös, keringetőszivattyús, síkkollektorral szerelt** rendszert vettük alapul. Éves energiahozam tekintetében $600 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ -es adattal számoltunk. Az előző megoldáshoz képest lényeges különbség, hogy ez esetben szezonális tározással egy ilyen műszaki megoldásnak akár meghatározó jelentősége is lehet a hőenergia-igények fedezésében – ahogyan erre külföldön (például a kedvezőtlen természeti adottságú Németországban [Hamburg, Gut Karlshöhe]) már ma is számos példát találhatunk.

2) A **fotovillamos rendszerek** közvetlenül képesek villamos áramot termelni. A technikai megoldások sokasága közül ebben az esetben is a leggyakoribbat, az **elektromos hálózatra dolgozó, egykristály szilícium alapú** fotovillamos rendszert választottuk. Ennek megfelelően $6 \text{ m}^2/\text{kW}$ egységnyi felületre eső teljesítménnyel és $167 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ (1000 kWh/kW/év) megtermelt átlagos villamos energia mennyiséggel számoltunk. Tapasztalataink szerint már egy ilyen kis teljesítményű (1 kW) rendszer is teljes értékű megoldást jelenthet egy korszerű, energiahatékony háztartás számára.

3) Hibrid rendszerek

Magyarország földrajzi szélességén a **folyadékos napkollektorok** és a **napelemek** elhelyezésére a tetőn kínálkozó ideális felület – vagyis egyelőre két egymással konkuráló megoldásról van szó. Ugyanakkor már kereskedelmi forgalomba kerültek olyan **hibrid** berendezések is, amelyek mind hő-, mind villamos energia **kogeneráció**s előállítására alkalmasak. Ezek a berendezések – a korábbiakhoz képest – azonos felületről 2-3-szoros energiamennyiség kinyerésére képesek, ezért vélhetően a jövőben gyors elterjedésükkel számolhatunk. Alkalmazásuk korlátja a nagy mennyiségben keletkező meleg víz vagy meleg levegő, hiszen ezt nyári időszakban nem könnyű ésszerű módon felhasználni. Ugyanakkor a nemzetközi gyakorlat azt igazolja, hogy szezonális hőtárolással már ma is kivédhető ez a probléma.

A napenergia aktív hasznosítására alkalmas területek Magyarországon

Az összes rendelkezésre álló terület

Bár külföldön meglehetősen elterjedt, mégsem vettük számításba a zöldmezős, de még a barnamezős telepítések lehetőségét sem, hiszen forgatókönyvünk készítésénél elsősorban olyan megoldásokat igyekeztünk feltérképezni, amelyek már meglévő infrastruktúrához közvetlenül kapcsolhatók, nem szorítanak ki más értékes tevékenységeket, nem vesznek el termőterületet. Ráadásul semmi nem indokolja, hogy ekképpen kalkuláljunk, hiszen a magyarországi épületek tetőfelületei, valamint a vasútvonalak és autópályák már első látásra is éppen elég, több mint **200 km^2 felületet** kínálnak a napenergiás rendszerek elhelyezésére. **Ebből csak az épületekre jut $84,19 \text{ km}^2$ „elvileg beépíthető” tetőfelület.** Ezek az adatok mintegy 50%-kal magasabb értékek, mint Farkas I. (2010) legutóbbi számításában, ami azzal magyarázható, hogy más elemeket is figyelembe vettünk (pl. parkolók) és némely esetben eltérő számítási módot alkalmaztunk – így például a vasút esetében már működő rendszer adatait tudtuk figyelembe venni.

A közlekedési hálózathoz kapcsolódnak a bevásárlóközpontok, áruházak hatalmas parkolói, amikre ismereteink szerint korábban nem készült számítás. Ugyanakkor úgy véljük, hogy ezeken a helyeken a napelemek árnyékolóként is funkcionálva további járulékos előnyt jelentenének, így első logikus célpontjai lehetnek a fejlesztéseknek. A bevásárlóközpontok száma jelenleg országosan mintegy 80, míg a parkolóhelyek száma egyenként 500-2000 közötti – azonban ezek részben mélygarázsban vagy parkolóházban vannak, ami a számítást nem könnyíti meg. Ha ezeknek csak felével kalkulálunk és hozzáadjuk a 6000 kisebb áruház parkolóját (egyenként 20-40 parkolóhellyel), akkor nagyságrendileg 400 000 hely áll rendelkezésre, ami csak 10 m² alapterülettel szorozva országosan már ma is nagyságrendileg ~4 km² alapterületet tesz ki. 2050-re – tekintve az efféle üzletek már napjainkban is tekintélyes számát – nem számolunk további potenciállal.

Épületek tetőfelületei

A részben a szakirodalomban fellelt, részben saját számítással a tetőfelületekre nyert értékeinket egy korábbi térinformatikai elemzésünk adatainak segítségével ellenőriztük le (Munkácsy B. – Egri Cs. – Borzsák S. 2008). Ezen korábbi felmérés keretében a Dorogi Kistérség településeinek, valamint Esztergomnak minden egyes épületét ortofotók segítségével behatároltuk, alkalmasnak látszó tetőfelületeiket pontosan felmértük, majd a számított értékeket Komárom-Esztergom megye egészére vetítettük. Ennek eredményeként 2,57 km²-nyi **ideális tájolású, nem árnyékolat, nem zavart tetőfelületet** (a déli iránytól keleti és nyugati irányban is maximum 45°-os szögeltérést megengedve) vehetünk kiindulási alapul. Ha ezt területi és népességi adatok alapján egész Magyarországra kivetítjük, akkor **82 és 105,5 km²** szélső értékek adódnak, ami nagyjából korrelál az 5. táblázatban kapott **84,19 km²**-es értékekkel – azzal a különbséggel, hogy a táblázatban ezt elméleti, és nem kedvezően beépíthető potenciálként tüntették fel. Ebből következően véleményünk szerint a valódi potenciális tetőfelület ennél a valóságban nagyobb lehet, így végső eredményünk egy minimális technikai potenciálként értelmezendő.

A jövőben rendelkezésre álló potenciális felületek

Munkánk során azt feltételeztük, hogy a rendelkezésre álló terület növekedni fog, hiszen a jelenlegi paradigma szerint új épületek és utak kialakítása nem kerülhető el – annak ellenére sem, hogy a lakosság létszáma jelenleg csökken. Ezt támasztja alá az a tény, hogy például a 2000 óta eltelt 10 esztendőben is bekövetkezett egy 5%-os növekedés az egy főre eső lakóterület méretében – ami jórészt az egyre nagyobb méretű lakásoknak köszönhető (IEA 2010). 2050-ig előretekintő számításainkban éppen ezért például a lakóépületek esetében 120%-ra, a többi épülettípus esetében 130%-ra történő növekedéssel kalkuláltunk 2050-ig (a 2000-es bázisévhez viszonyítva). Ugyanakkor a mezőgazdaságban alkalmazott fóliasátrak és üvegházakat – a korábban e témakörben megjelent tanulmányokkal (Farkas I. 2005; Farkas I. 2010) ellentétben – mi nem értelmeltük és így nem is vizsgáltuk külön tényezőként.

A vonalas infrastruktúra jövője kapcsán a 2005-ben elfogadott és 2050-ig szóló Országos Fejlesztéspolitikai Koncepció gondolatait emelhetjük ki, amelyben az is megfogalmazódik, hogy a „*korszerű gyorsforgalmi út- és vasúthálózat a sugaras szerkezetet oldó keresztirányú útvonalakkal egészül ki*”. Pontos adatok ennek kapcsán természetesen még nincsenek, így saját becslésünkre kell hagyatkoznunk, ami alapján a vasút esetében – tekintve, hogy a hálózat hossza európai léptékben nincs lemaradásban – 10%-os pályaszakasz bővüléssel (a jelenlegi 8000 km helyett 8800 km-rel) számolunk. A gyorsforgalmi úthálózat esetében – ismerve az elmúlt 20 esztendő kormányzati elképzeléseit és tevékenységét, valamint azt a tényt, hogy a hálózat hossza a mostani nyugat-európai átlag kétharmada – 100%-os bővüléssel (a jelenlegi 1344 km helyett 2600 km-rel) számolunk 2050-ig. A napelemek telepítésére alkalmas felületek számítása kapcsán Pálffy M. (2004) kalkulációját alkalmaztuk, amelyben 60°-os dőléssel, és 2 méteres magassággal számolt. A forrásban szereplő leírás alapján ennek 45%-át tekintettük optimálisan beépíthetőnek. A **vasút** esetében – a 2011 júniusában Antwerpen térségében átadott 3,6 kilométeres rendszer mintájára – teljesen fedett pályaszakasszal és 14 méteres szélességgel számoltunk és optimálisan beépíthetőnek 50%-ot tekintettünk.

A 2050-re a fotovillamos potenciál tekintetében figyelembe vehetjük az 5. táblázatban szereplő közel 235 km²-nyi alapterület egészét. A fototermikus hasznosítás esetében viszont csak azokkal érdemes foglalkozni, amelyek a fogyasztás helyéhez közel, vagyis épületekhez köthetően jelennek meg, így ez az érték 103 km².

A fentiek tükrében látható, hogy a napenergia aktív hasznosítására hatalmas területek állnak rendelkezésre – anélkül, hogy erre a célra értékes területeket kellene feláldozni. Mindaddig, amíg a jelenleg már beépített területek kínálta lehetőségek ki nem fogynak, nem tartjuk indokoltnak és elfogadhatónak, hogy – a jelenlegi európai trendet követve – zöldmezős beruházás keretében épüljenek hazánkban nagy teljesítményű naperőművek. Minden szempontból a decentralizált, a fogyasztás helyéhez lehető legközelebb létrehozott rendszerek támogatását tartjuk indokoltnak.

5. táblázat: A napenergia hasznosítására alkalmas felületek

	kedvezően beépíthető (km ²)	elvileg beépíthető (km ²)	2050-ben elvileg beépíthető (km ²)
panel épület	0,50	1,7	1,7
egyéb lakóépület	30,00	63	75,94
mezőgazdasági épület	6,08	13,5	17,55
oktatási épület	1,23	2,74	3,56
önkormányzati épület	1,46	3,25	4,23
épületek összesen	39,27	84,19	102,98
vasútvonalak	56,00	112,00	123,20
autópályák	1,05	2,32	4,64
autóparkoló	4,00	4,00	4,00
mindösszesen	100,32	202,51	234,82

Kaboldy E. 2005; Pálffy M. 2004 nyomán kiegészítve és frissítve

Lehetőségek hibrid kollektorok (PV/T) alkalmazása esetén

Tekintettel arra, hogy napjainkban már piacéretté váltak azok a **kogenerációs** (PV/T) megoldások, amelyek révén a napsugárzásnak köszönhetően **villamos áramot és hőenergiát egyszerre** lehet előállítani (Tonui, J.K. – Tripanagnostopoulos, Y. 2006), ezért – bár egyelőre ezek a megoldások magas árfekvésük miatt még csak kevéssé elterjedtek –, mint potenciál, ezzel a lehetőséggel is számolunk. Döntésünk másik oka, hogy a napelemes felület folyamatos hűtése révén ezeknél a hibrid berendezéseknél nem jelentkezik a melegedéssel járó hatásfokvesztés, így 20-30%-kal több villamos áramot termelnek, mint a hagyományos típusok, ezért potenciálként indokoltnak éreztük ezeknek a lehetőségeknek a figyelembe vételét.

A PV/T rendszerek átlagos energiahozamát nem könnyű meghatározni, mert a piacon máris többféle megoldás terjedt el: egyfelől léteznek levegős kollektorral, és vannak folyadékos kollektorral kombinált megoldások; másfelől kaphatók kifejezetten villamosenergia-termelésre, illetve a hőenergia-termelésre optimalizált változatok. Mivel a villamos energia értékesebb másodlagos energiaforrás, és mivel a nyári időszakban – amikor a hibrid kollektorok is a legtöbb hőenergiát termelik – nem jellemző a jelentős hőigény, ezért **számításainkban az áramtermelésre optimalizált és folyadékos kollektorral kombinált rendszer műszaki paramétereit alkalmazuk.**

Ami a **villamos energiát** illeti, egy már hazánkban is kapható rendszer esetében az 1 kW_p-os teljesítmény eléréséhez ~7 m² felület szükséges (vagy 0,143 kW/m²). A hibrid kollektor alkalmazásával az éves villamosenergia-termelés akár 20-30%-kal magasabb lehet, mint egy hasonló, de nem hűtött napelem esetén, így hazai körülmények között minden kW_p teljesítményre körülbelül 1300 kWh/év villamos energiával számolhatunk. A **hő-**

energia kapcsán a villamosáram-termelésre optimalizált hibrid kollektorok a hagyományos napkollektorokhoz képest 50%-kal kisebb teljesítményt ($350 \text{ W}_{\text{th}}/\text{m}^2$) és így körülbelül feleannyi hőenergiát biztosítanak egységnyi felületre vetítve, vagyis 1 m^2 -en körülbelül 250 kWh-ot.

Hazánk technikai napenergia potenciálja 2050-ben – hibrid (PV/T) rendszerekkel számolva

A **2050-re érvényes technikai napenergia potenciálok** számításánál pontatlanságot jelent, hogy egyelőre csak a jelenlegi műszaki lehetőségeket figyelembe véve tudjuk azokat megadni – ugyanakkor a műszaki fejlődés jelenlegi ütemét előrevetítve a hatások 2050-ig akár meg is duplázódhat. Valójában tehát csak egy hozzávetőleges becsléssel tudunk élni, amelyről azt feltételezzük, hogy ez egy olyan minimális érték, amit a technológia fejlődése reményeink szerint meg fog haladni. A fentiek előrebocsátásával hazánk **technikai fotovillamos potenciálját** $234,82 \text{ km}^2$ -rel és $0,143 \text{ kW}/\text{m}^2$ egységnyi teljesítménnyel számolva **33 579 MW-ra** becsüljük. Az előzőekben említett $1300 \text{ kWh}/\text{kW}_{\text{rendszer}}/\text{év}$ fajlagossal számolva ez éves szinten $43\,653 \text{ GWh}$, vagyis **157 PJ** villamos energiát jelent. Ha a fototermikus potenciált számoljuk, csak az épületeket, vagyis 103 km^2 -t vesszük figyelembe. A hibridkollektorok $0,35 \text{ kW}/\text{m}^2$ hőteljesítményével kalkulálva **36 050 MW** összteljesítmény adódik. Egy ekkora rendszer éves szinten – tekintve, hogy a hagyományos napkollektorokhoz képest kb. feleannyi hőenergiát képes nyerni – átlagosan $30\,900 \text{ GWh}$, vagyis **111 PJ** hőenergia előállítására képes.

6. táblázat: A forgatókönyvünkben használt technikai napenergia potenciálok és a szakirodalomban korábban megjelent értékek a jelenlegi felhasználás tükrében

	fotovillamos (PJ/év)	fototermikus (PJ/év)
hibrid rendszerrel számolva a saját forgatókönyvünkben (2050-re)	157	111
hagyományos rendszerekkel számolva a saját forgatókönyvünkben (2050-re)	141	185,4
Kaboldy E. (2005)	-	47,8
Pálfy M. (2004)	1750	-
jelenlegi fogyasztás	127^4	$\sim 330^5$

Hazánk technikai napenergia potenciálja 2050-ben – a jelenleg alkalmazott technikai megoldásokkal számolva

Érdeemesnek láttuk egy másik számítás elvégzését is, amelyben a jelenleg általánosan elterjedt megoldást vesszük alapul, vagyis nem hibrid rendszert feltételezünk, hanem külön napelemek és síkkollektorok alkalmazásával kalkulálunk. Ebben az esetben a helyzetet nehezíti, hogy egymással versengő megoldásokról van szó, nem könnyű eldönteni, hogy a rendelkezésre álló felületet milyen arányban osszuk fel a napelemek és a napkollektorok között. Számításunkban ezért ezt nem is kíséreltük meg, hanem a hibrid kollektorok esetében alkalmazott, a tetőfelületekre és a vonalas infrastruktúrára kiszámolt értékekkel dolgoztunk. Éppen ezért fel kell hívunk a figyelmet arra, hogy amíg a hibrid rendszerek esetében valóban lehetséges az adott felületről villamos áramot és hőenergiát egyszerre nyerni, a hagyományos megoldásoknál ez nem megoldható – vagyis a végeredményként kapott értékek nem minden tekintetben összevethetők!

⁴ áramfogyasztás 2009-ben (KSH 2011)

⁵ a teljes épületállomány fűtési és HMV energiafogyasztása (GKM 2008)

A **hagyományos egykristály szilícium fotovillamos rendszerek** esetében a kereskedelmi forgalomban ma kapható leghatékonyabb ilyen berendezések adatait használva $6 \text{ m}^2/\text{kW}$ egységnyi felületre eső teljesítménnyel és 1000 kWh/kW/év megtermelt átlagos villamos energia mennyiséggel számoltunk. Ennek és az 5. táblázatban szereplő $\sim 235 \text{ km}^2$ -nyi területnek a figyelembe vételével ($6 \text{ m}^2/\text{kW}$ és 1000 kWh/kW/év kiindulási adatokkal számolva) **39 167 GWh (141 PJ)** villamos energia megtermelését teszi lehetővé. Ez az érték a túlmelegedés miatt fellépő alacsonyabb hatásfok következtében kisebb, mint a hibrid kollektorok alkalmazásával számolt.

A **hagyományos napkollektorok** esetében – az előző hasonló számításnak megfelelően csak az épületekre fókuszálva – 103 km^2 felületet vettünk figyelembe. Jelen esetben viszont a hibrid kollektorok egységnyi hozamának a duplájával, $600 \text{ kWh/m}^2/\text{év}$ -vel számolhatunk (Varga P. 2010) és így éves szinten átlagosan $61\,800 \text{ GWh}$, vagyis **222,5 PJ** hőenergia előállítása érhető el. Ezt tekintjük a fototermikus rendszerekre vonatkozó technikai potenciálnak.

Hazánk társadalmi-gazdasági napenergia potenciálja 2050-ben

A **társadalmi-gazdasági napenergia potenciálok** számításánál nemzetközi összehasonlításokból indultunk ki: a 2010-es statisztikai adatok alapján meg kellett találnunk azokat az országokat, amelyek fajlagosan (jelen esetben egy főre vetítve) a legnagyobb kapacitással rendelkeznek – és adottságaikban a hazaihoz képest nem nagyon eltérőek.

A **fototermikus hasznosítás** esetében Ausztria tekinthető mintának, az ottani beépített kollektorteljesítmény **385 W/fő**-nek adódik (EurObserv'ER 2011). Ciprus ennél lényegesen magasabb mutatóval büszkélkedhet, ám az ottani 611 W/fő -s érték már csak azért sem tekinthető összehasonlítási alapnak, mert a mediterrán éghajlaton a lényegesen egyszerűbb kivitelű és olcsóbb termoszfonos (egykörös, gravitációs rendszerű) technológia terjedt el. Az osztrák adatokkal számolva megállapítható, hogy ha hazánkban is ugyanez az egy főre vetített fajlagos mutató volna jellemző, abban az esetben Magyarországon már 2010-ben **3 850 MW-nyi** napkollektor-nak kellett volna üzemelnie.

Tekintve, hogy 1 kW napkollektor-teljesítménnyel hazai körülmények között átlagosan 625 kWh/év hőenergia nyerhető, így a forgatókönyvünkben a fototermikus hasznosításhoz számított legmagasabb érték – amit 2045-re kellene elérni – **20,3 PJ** ($5\,639 \text{ GWh/év}$). Ennyi hőenergia előállításához nem kevesebb, mint **9 022 MW** kollektorteljesítményre ($900 \text{ kW}/1000 \text{ fő}$) volna szükség.

A fenti adatokat két irányból közelíthetjük meg. Egyfelől az előbbiekben említett technikai potenciálhoz képest: ebben az esetben a hagyományos napkollektorokkal a rendelkezésre álló felület maximális kihasználásával elérhető $222,5 \text{ PJ}$ -hoz lehet viszonyítani – ennek kb. 9%-át kellene elérni az elkövetkező 35 évben.

A másik megközelítés a 2010-ig már teljesített osztrák adathoz képest történhet: ha Ausztriában kellene 2045-re elérni a terveinkben szereplő mintegy **900 W/fő** fajlagos mutatót, az számukra kb. **2,3-szeres növekedést** jelentene 35 esztendő alatt. Ausztriában körülbelül 1990-ben tartottak ott, ahol ma Magyarország (7 W/fő), és a jelenlegi kapacitás (385 W/fő) kiépítéséhez – vagyis **50-szeres növekedéshez** – mindössze 20 évre volt szükségük (ESTIF 2003; EurObserv'ER 2011). Persze ebből a helyzetből a továbblépés már nyilván nem könnyű, de figyelembe véve, hogy az osztrák családi házaknak még mindig csak 15%-a rendelkezik napkollektorokkal, további jelentős növekedésre van lehetőség. Ugyanakkor az Európai Fototermikus Ipari Szövetség (ESTIF) által 2007-ben kiadott akcióterv is csak 2600 W/fő fajlagos értékkel számol hosszabb távon – igaz, európai átlagban, ami a kedvező adottságú Magyarország esetében ennél magasabb érték is lehet. Végeredményben következtésként megállapíthatjuk, hogy a 2045-re szükséges napkollektor-teljesítmény tekintetében forgatókönyvünkben reálisan elérhető elképzelést foglalmaztunk meg.

A **fotovillamos hasznosítás** kapcsán Németország tekinthető etalonnak az ottani **212,3 W/fő** fajlagos értékkel. Ez összesen $17\,370 \text{ MW-nyi}$ napelem-teljesítményből adódik (AGEE-Stat 2011), ami az egész világon példa nélküli – akárcsak a 2010. évi növekedés, amely meghaladta a 7400 MW -ot. Ha ebből kalkulálunk egy napelem-

teljesítményt a magyarországi népesség alapján, akkor kb. **2 123 MW** adódik - vagyis, ha az elmúlt 20 évben a német ütemben fejlődöttünk volna, akkor ennyi PV-kapacitásunk lehetne már beépítve.

Forgatókönyvünkben a PV esetében 17,8 PJ (4 944 444 MWh) villamos árammal kalkuláltunk 2050-re. Ez az általunk számolt technikai potenciálnak (141-157 PJ) alig több mint 10%-a. Ennek elérése érdekében – abból kiindulva, hogy az áramtermelésre is alkalmas hibrid kollektorok esetében az 1 kW_p teljesítményű berendezés hazai körülmények között évente átlagosan 1,3 MWh áramot termel – 2050-re Magyarországon **~3 800 MW** teljesítményű napelemet kellene telepíteni, ami a **jelenlegi 0,65 MW**-hoz (EurObserv'ER 2011) képest első hallásra radikálisnak tűnik (a hagyományos napelemekkel ez az érték 4944 MW volna). Ez adott lakosságszámra vetítve (2050-re 380 W/fő) alig 56%-kal nagyobb, mint az 1990 óta eltelt 20 esztendőben elért németországi adat (212,3 W/fő), vagyis a forgatókönyvünkben szereplő, a következő 40 évre vonatkozó (2050-ig elérendő) célérték bátran tartható. Más megközelítésben a forgatókönyvünk alapján 2050-ig hazánkban kiépítendő napelem-kapacitás lényegében feleakkora, mint amit Németországban egyetlen esztendő alatt, 2010-ben telepítettek (EurObserv'ER 2011).

Összességében megállapítható, hogy a napenergiás alkalmazások telepítésére rendelkezésre álló felület a forgatókönyvünkben szereplő fototermikus és fotovillamos felületek elhelyezésére is elegendő.

A program potenciál értékelése

A GKM stratégiájában (2008) a megújuló energiaforrások között meglehetősen mostoha szerep jutott a napenergiának. A BAU forgatókönyvben a 2020-ig terjedő időszakban jelenlegi körülbelül 0,1 PJ napenergia eredetű hő- és villamos energia mennyiségének mindössze a négyszeresével, 0,42 PJ-lal számoltak, de a **POLICY forgatókönyvben is csak 1,66 PJ-t** terveztek be – mindkét esetben lényegében **szinte kizárólagosan napkollektoros HMV-előállítással kalkulálva**. Saját forgatókönyvünkben erre az időpontra már 3,7 PJ hőenergia és 5,3 PJ villamos áram (összesen tehát **9 PJ** energia) napenergiás rendszerekkel történő előállítását tartjuk elérendőnek. A fenti összehasonlítás és az előző fejezetben tárgyalt nemzetközi összevetések tükrében a hivatalos stratégia cseppet sem tekinthető ambiciózusnak.

Felhasznált irodalom:

AGEE-Stat (2011): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. 41 p.

ESTIF (2004): Sun in Action II – A Solar Thermal Strategy for Europe, Volume 1, Market Overview, Perspectives and Strategy for Growth. (European Solar Thermal Industry Federation). 79 p.

ESTIF (2007): Solar Thermal Action Plan for Europe. (European Solar Thermal Industry Federation). 32 p.

EurObserv'ER (2011): Solar Thermal and Concentrated Solar Power Barometer. 28 p.

Farkas I. (2005): Termikus napenergia potenciál a magyar mezőgazdaságban. in Energiagazdálkodás, 46. 1. sz. pp. 3-7.

Farkas I. (2010): A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. in Magyar Tudomány, 171. évf. 2010. 08. pp. 937-947.

Fülöp O. (2011): Negajoule 2020. A magyar lakóépületekben rejlő energiamegtakarítási lehetőségek. Energia Klub, 25 p.

Fülöp L. – Szűcs M. – Zöld A. (2005): A napenergia passzív hasznosításának hazai potenciálja. in Energiagazdálkodás, 46. 1. sz, pp. 8-13.

GKM (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium. 2008-2020. 99 p.

IEA (2010): Az International Energy Agency-től megvásárolt adat

Kaboldy E. (2005): A napenergia aktív hőhasznosításának hazai potenciálja. in Energiagazdálkodás, 46. 1. pp. 19-23.

KSH (2011): stADAT-táblák - Idősoros éves adatok - 3.8. Energiagazdálkodás. (letöltve: 2011. 07. 13.) http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe001.html

Medgyasszay P. (2010): Fenntartható ház? Természetesen! avagy hogyan határozható meg Magyarországon a „fenntartható ház” kritériumrendszere, fenntarthatók-e a passzívházak? – in Régi-Új Magyar Építőművészet, Utóirat 2010/2 <http://belsoudvar.hu/mp-epitomuveszet-2010-2.pdf>

Munkácsy B. – Egri Cs. – Borzsák S. (2008): Napenergia - in: Megújuló energia – Megújuló határvidék konferencia, Megújuló energiaforrás alkalmazási lehetőségek az Ister-Granum Eurorégióban és Komárom-Esztergom megyében, Esztergomi Környezetkultúra Egyesület, CD-ROM

Pálffy M. (2004): Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. in Energiagazdálkodás, 45. 6. pp. 7-10.

Tonui, J.K. – Tripanagnostopoulos, Y. (2006): Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation. in Renewable Energy 32. pp. 623-637

Varga P. (2010): Napkollektoros rendszerek gazdaságossági vizsgálata. Magyar Installateur

4.4.2 A biomassza energetikai hasznosításának jövőképe (Harmat Ádám – Munkácsy Béla)

A megújuló energiaforrások közül a biomassza központi szerepe megkérdőjelezhetetlen Magyarországon, hiszen a jó természeti adottságok és a már meglévő technikai feltételek miatt felhasználása kiemelkedő a többi megújuló energiaforráshoz képest. **2009-ben 65 PJ** biomassza eredetű energiát vettünk igénybe, amely 92%-a volt az összes megújuló energiaforrásból kinyert energiának (Eurostat 2011). Emellett az általunk számított teljes megújulóenergia-potenciál (kb. 750 PJ) kb. 35%-át képviseli. Ennek a jelentékeny potenciálnak egy részét teszi ki a hulladék bázisú biomassza, aminek kapcsán mindjárt a bevezetésben le kívánjuk szögezni, hogy felhasználásának – az előnyös hulladékgazdálkodási aspektusai okán – koncepciónkban igen lényeges szerepet szánunk. Ugyanakkor ma még a bioenergia nagy részét nem a hulladékok ártalmatlanítása során nyerik ki, hanem az erdő- és mezőgazdálkodás termékeiből. Ennek köszönhetően az előnyei közé sorolandó, hogy alternatívát nyújt a gazdálkodóknak az Európai Unióban jelentkező túltermelés miatt egyre nehezebben értékesíthető mezőgazdasági termékek termesztése helyett, így vidékfejlesztő hatása van.

Azonban a területi korlátok jelentős feszültségeket generálhatnak: a bioüzemanyagok részarányának növekedésére komoly célokat írt elő az EU, így elképzelhető, hogy számolni kell az egyes biomassza-félék közötti (például energetikai ültetvény – bioüzemanyagot szolgáló termőföld) területi feszültségekkel is. A problémakör azonban ennél nyilvánvalóan lényegesen bonyolultabb, hiszen az energetikai önellátás, mint cél kétségtelenül

alapvető fontosságú. Elsőként azt kell leszögezni, hogy az energiatermelés és -felhasználás, így a közlekedési szektor jelenlegi tragikusan alacsony hatékonyságú működése hosszabb távon nem elfogadható sem gazdasági, sem környezeti szempontból. Ha ebben a vonatkozásban sikerülne javulást elérni, akkor a tervezett biomassza-részarány elérése nem okozna különösebb nehézséget. Azonban megítélésünk szerint az ültetvényes jellegű, monokultúrára és intenzív energiafelhasználásra épülő jelenlegi gazdálkodási mód hosszú távon nem fenntartható, így célszerű teljes koncepcióváltásban gondolkodni.

Munkánk során a biomassza-energiát az alábbi részterületekre osztva vizsgáltuk:

- a fenntartható biomassza-termelés (tartamos erdőgazdálkodás termékei és mezőgazdálkodás melléktermékei);
- az energetikai ültetvények (az esetek jó részében ültetvényes művelés);
- a bioüzemanyagok alapanyagainak termesztése (kifejezetten energetikai célú termesztésben monokultúras ültetvényeken);
- és a biogáz előállítása (elsősorban mezőgazdasági, élelmiszeripari és kommunális eredetű szerves hulladékok feldolgozásával).

A szilárd biomassza előállítása 1. - a fenntartható biomassza-termelés (Harmat Ádám)

A különböző biomassza-potenciállal foglalkozó kutatások közül elsősorban Marosvölgyi B. (leginkább Marosvölgyi B. 2004) írásai szolgálnak iránymutatással ezen terület potenciáljáról: az ő számítása szerint a hagyományos erdő- és mezőgazdálkodásból 28,2-99 PJ energia nyerhető ki. A két szélsőérték között láthatóan nagy a különbség, ami sok bizonytalanságra ad okot, ezért a pontosítás érdekében saját számítást is végeztünk.

Az országban mintegy 2 millió hektár az erdőállomány nagysága, amelyből a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve bruttó 8 millió m³ (nettó 6,5 millió m³) fa termelhető ki. Hazánkban ennek a mennyiségnek 39,9%-a került energetikai hasznosításra 2005-ben (Gyulai I. 2008). Ez – az értékesebb ipari választék kivételével – a logisztikáját követően – 2,23 millió m³ tűzifát jelent, amely érték ismereteink szerint az utóbbi években jelentősen nem változott, így használható a további számításhoz. Arról nincs adatunk, hogy mely fafajok milyen arányban részesülnek a tűzifa felhasználásában, de a legnépszerűbb tüzelésre használt fafajok (akác, bükk, cser, tölgy) kitermelési arányával súlyozva a tűzifa átlagos sűrűsége 715,4 kg/m³, fűtőértéke pedig 15,4 MJ/kg. Így **az összes rendelkezésre álló energia a tartamos erdőgazdálkodásból számításunk szerint 24,5 PJ**. Előnyük az energiaültetvényekkel szemben, hogy míg előbbi kizárólag energetikai alapanyagot szolgáltat, a hagyományos erdők ezzel szemben ipari, vadgazdálkodási, védelmi és idegenforgalmi jelentősége is van. E mellett oxigénkibocsátásuk is nagyobb, illetve önszabályozó képességük miatt stabilabbak és így vélhetően könnyebben alkalmazkodnak a klímaváltozáshoz is. **A befektetett és a kitermelt energia hányadosa (energetikai ráta) is a hagyományos erdőknek kedvezőbb (hagyományos erdőknél 21, energetikai faültetvényeknél 14)**, azonban a ráfordítások megtérülése az energiaültetvények esetében nagyságrendileg gyorsabb (Pappné Vancsó J. 2010).

A következő lépésben a mezőgazdaságban kínálkozó lehetőségeket tekintjük át. A további számításokban azzal számolunk, hogy forgatókönyvünk szerint a 4,5 millió hektár mezőgazdasági területből 0,5 millió hektárt energetikai ültetvény termesztésére váltanánk fel, így ezen a területen már nem beszélhetünk melléktermékekről. Kiindulási adatként meg kell határozni, hogy mennyi a mezőgazdaságban keletkező hulladék biomassza átlagos mennyisége. Az Energia Központ Kht. szerint 22 millió tonna hulladék keletkezik évente, amely energiataralma 388,2 PJ (Bertók T. 1999). Arról nem közöltek adatot, hogy ebből mennyi hasznosítható energetikai célra. Ha itt is úgy számoljuk, mint a későbbiekben, vagyis, hogy a keletkezett hulladék nagyjából fele hasznosítható, illetve belevesszük a jövőbeni területhasználati változásokat, akkor **172 PJ** kinyerhető energiamentiség adódik.

Lukács Gergely számításai szerint 17,2-23,4 millió tonna mezőgazdasági hulladék keletkezik évente, amelyből 9,9-12,7 millió t használható fel energetikai célra, ennek energiatartalma mintegy 123,5 PJ (Lukács G. 2009). Az imént említett 0,5 millió hektárnyi terület energiaültetvény-termesztésre való átállítása miatt a keletkezett melléktermék energiahozama lecsökken évi **110 PJ**-ra. Gyulai Iván viszont már csak 10 millió tonna melléktermékkal számol, amelynek számítása szerint 40-45%-át lehet energetikai célra hasznosítani (Gyulai I. 2009). Így viszont, a fél millió hektárnyi hulladék kieséssel korrigálva mindösszesen nagyjából **55 PJ** energiát nyerhetünk ki.

Láthatjuk, hogy a fenti három érték jelentős mértékben eltér egymástól, ezért saját számításokra hagyatkozunk. Lukács Gergely és az Energia Központ Kht. adataira támaszkodva azt feltételezzük, hogy a 4 millió hektár mezőgazdasági területen évente átlagosan 19,5 millió t mezőgazdasági hulladék keletkezik. Ennek energiatartalmáról azonban ugyancsak különböznek a vélemények (Lukács Gergely alapján: 212PJ – Energia Központ alapján: 344 PJ). Hogy elkerüljük a potenciál-túlbecslését, számoljuk a 212 PJ értékkel. Mint láhattuk, ez nem teljes mennyiségében áll rendelkezésre, hiszen a melléktermékek számtalan más célra is felhasználhatók (például almozásra vagy takarmányozásra). Emellett a biomassa egy részének a talajerő-utánpótlást kell szolgálnia. Lukács Gergely és Gyulai Iván szerint ennek a mennyiségnek a fele használható fel energetikai célra. Hogy a potenciál mindenképpen kiaknázható legyen, még szárazabb években is, mi azt feltételeztük, hogy az összes energiamennyiség 40%-át használjuk fel energetikai célra, vagyis, **78,5 PJ**-t, így hosszú távon nem veszélyeztetjük a rendszer anyag- és energiaáramlását. A korábban említett 24,5 PJ erdőgazdasági hulladékot is figyelembe véve így a fenntartható biomassa felhasználás összesített potenciálját **103 PJ/év**-nek határoztuk meg – ami Marosvölgyi korábban hivatkozott értékéhez képest egy kicsivel nagyobb.

Stratégiánk szerint a felhasználás már 2020-ban el fogja érni ezt az értéket, mivel az erőművi felhasználás technológiai feltételei már adottak, és a rendelkezésre álló energiaforrás teljes mértékben fenntartható módon aknázható ki. Ugyanakkor az energiaszükségletek folyamatos csökkenésével 2045-től jelentős mértékű csökkenés várható a felhasználásban (a növekvő hatékonyság miatt), így 2050-re már csak 61%-ban kell igénybe venni az ezen a téren kínálkozó potenciált.

A szilárd biomassa előállítása 2.- Energetikai ültetvény (Harmat Ádám)

Az energianövények energetikai célból termesztett főtermékek, amelyek gyorsan növvő, nagy tömeget adó, gyomokkal szemben ellenálló fajok. Két nagy csoportjukat, a lágyszárú és a fás szárú energianövényeket a termesztés és felhasználás technológiai miatt érdemes külön tárgyalni.

Az energetikai célra termesztett **lágyszárú növények** négy fő csoportját a későbbi felhasználás szerint lehet meghatározni, így beszélünk a bioetanol, a biodízel, a biogáz és a szilárd tüzelőanyag előállítására termelt növényekről. Ezek közül az utóbbi az, amellyel a legnagyobb energetikai ráta (EROEI) érhető el. Ezek közül a bioüzemanyagok és a biogáz előállítására léteznek a lágyszárú energianövények erjesztésénél jóval hatékonyabb és környezetbarátabb eljárások, így a lágyszárú energianövények leghatékonyabb felhasználása, ha közvetlen tüzelőanyagként használjuk fel. Ilyen eljárásra a magas lignocellulóz- és rosttartalmú energianövények a legmegfelelőbbek, úgymint a „Szarvasi-1” energiafű, kínai nád, óriás olasz nád, pántlikafű, vesszős köles. Élő növények, így termesztési ciklusuk során csak egyszeri talaj-előkészítést, és minimális növényvédelmi intézkedést igényelnek. Élettartalmuk fajtafüggő, jellemzően 10-20 év. Hátrányuk a fás szárú energiaültetvényekkel szemben, hogy betakarítása a növény életciklusa miatt hosszasan nem halogatható, valamint lágyszárúként nagy a szilíciumtartalmuk, amely korlátozza az erőművi felhasználást. Előnyük, hogy betakarításuk a már

meglévő gépparkkal is lehetséges, illetve, hogy szárazabb körülmények között is képesek nagy hozamra (Pappné Vancsó J. 2010).

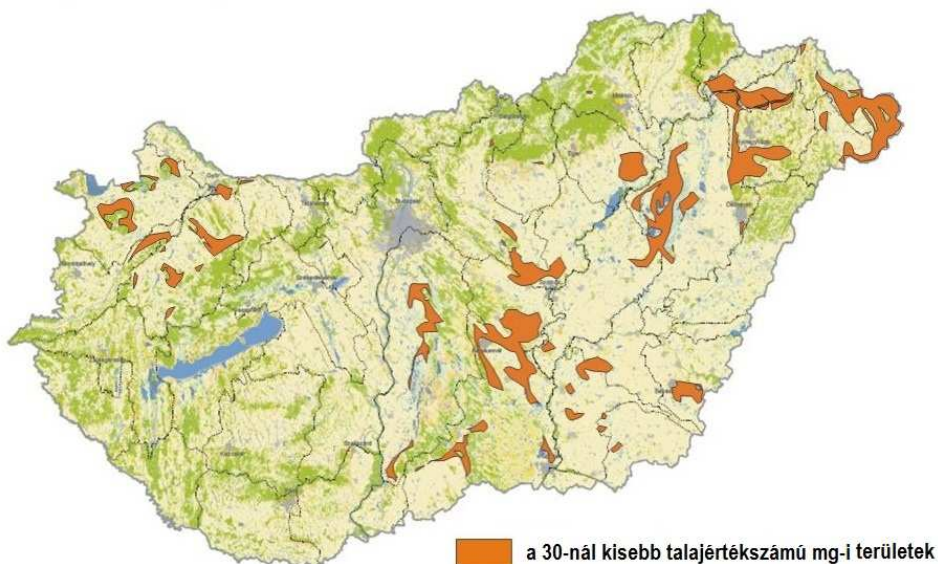
A **fás szárú energiaültetvény** lehet energiaerdő, illetve energetikai faültetvény. Előbbi erdőgazdálkodási művelési ágba esik, így inkább a hagyományos erdőhöz hasonlítható fokozottabb energiafa termelési céllal, utóbbi pedig a mezőgazdasági ültetvénygazdálkodási művelési ágba tartozik, és inkább a hagyományos növénytermesztés szabályai vonatkoznak rá. Termesztése történhet újraterelítési illetve sarjzattatásos üzemmódban. Utóbbi tekinthető gazdaságosabbnak, mivel a gyakori vágás nagyobb hozamot és gyorsabb megtérülési időt jelent. Az erdészeti szaporítóanyagokról szóló 110/2003 (X.21.) FVM rendelet követelményei szerint csak nyár, fűz ill. akác termesztethők sarjzattatásos üzemmódban. A lágyszárú növényekhez képest alacsonyabb hamutartalmuk miatt kedvezőbbek a tüzeléstechnikai tulajdonságaik, hosszabb az élettartalmuk, kevesebb a hozzájuk kapcsolódó betakarítási és a kezelési költség. Az is lényeges szempont, hogy mezőgazdasági holtszezonban is betakaríthatók, illetve kedvezőbb a talajéletre gyakorolt hatásuk is (Bai A. – Ivalics R. – Marosvölgyi B. 2006).

Marosvölgyi B. (2004) potenciálszámítása szerint a fás szárú energiaültetvények termesztése során 30-32 PJ, a lágyszárú energianövények esetén 30-40 PJ energiamennyiség nyerhető ki évente, ami összesen 60-72 PJ. A pontosítás szándékával itt is saját számítást végeztünk, ami azonban – mint a későbbiekben kiderül – lényegében nem adott új eredményt.

Kalkulációnk során először a rendelkezésre álló területet kellett behatárolni. Abból indultunk ki, hogy Ángyán J. (1998) szerint Magyarországon 1,5 millió hektár olyan intenzíven művelt szántóföldi terület van, amelyen nem érvényesül az értéktartó gazdálkodás elve, vagyis a jelenlegi művelési rendszer a tájhoz, a környezethez nem illeszkedő, illetve a művelési mód intenzitási foka sem tartható. Ezeket figyelembe véve az 1,5 millió hektárból 6-700 ezer hektáron erdősítést, 3-400 ezer hektáron gyepesítést, 500 ezer hektáron pedig külterjes szántóföldi művelést lenne célszerű végezni (Ángyán J. 1999). A gyepesítésre és erdősítésre szánt kb. 1 millió hektár megegyezik azon területek nagyságával, amely termőterület nem hiányozna az élelmiszerpiacról (Gyulai I. 2009 p. 47.). A 2010-2030-ra vonatkozó Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési tervében szintén 1 millió hektárnyi olyan, ma növénytermesztésre használt területről írnak, amelyet a piac hosszú távon nem képes fenntartani. Pappné Vancsó J. (2010) szerint 2030-ig a ma használt 4,5 millió hektár szántóföldi művelés alatt álló termőterületből kb. 0,5 millió hektárnyi terület lesz hasznosítható energianövény termesztésére. Az EEA (2006) kutatási jelentésében publikált felmérés szerint 2010-ben 413, 2020-ra 512, és 2030-ra 547 ezer hektár olyan szántóterület lesz hazánkban, amelyet a jelenlegi alacsony jövedelmezőség miatt energianövény termesztésére lehetne átállítani. Tehát a fenti források mindegyike egyöntetűen körülbelül 0,5 millió hektárral számol, így ettől mi sem térünk el. A 29. ábra térképén láthatóak – általunk kiemelve – Magyarország azon mezőgazdasági területei, ahol a rossz talajviszonyok miatt a leginkább célszerű volna az átállás és az energiaültetvények telepítése.

Ha a vizsgálat alá vonható területeket már meghatároztuk, a következő lépésben az adott területegységre vetített biomassza hozamot kell felmérni. A **faültetvények** hozamai alapvetően két tényezőtől függenek: a termőhelyi adottságtól és a kiválasztott fafajtól. A legszélesebb termőhelyi spektrummal a nyár rendelkezik, amely a félmillió hektárból várhatóan 350 ezer hektárt fog elfoglalni. Az állandó vízhatású területeken a tapasztalatok szerint a fűz hozza a legnagyobb hozamot, amely várhatóan az energetikai ültetvények 5%-án fog teremni. Az akác a laza, szellős, alacsony tápanyagforrással rendelkező talajokon is viszonylag nagy hozamra képes, a jövőben várhatóan az energiaültetvények negyedén lesz ez a faj ültetve (Borovics A. 2008). A kutatásokból kiderült, hogy a legnagyobb hozamokat 35 év teljes élettartam és 6 éves vágásforduló esetén éri el az ültetvények (Bai A. – Ivalics R. – Marosvölgyi B. 2006). Mivel a jövőben a viszonylag alacsonyabb termőképessé-

ségű termőterületeken lehet számítani az energiaültetvények létrehozására, ezért egységesen viszonylag alacsony, 6,2 atotonna/ha (abszolút száraz állapotra vetített) hozammal számoltunk – ezt véleményünk szerint a növény még a kedvezőtlenebb időjárású években is képesek produkálni. Így az általunk kiszámolt potenciál **64,5 PJ/év** (7. táblázat).



29. ábra: Magyarország talajviszonyai, zölddel kiemelve a 50-nél kisebb talajértékszámú mezőgazdasági területek

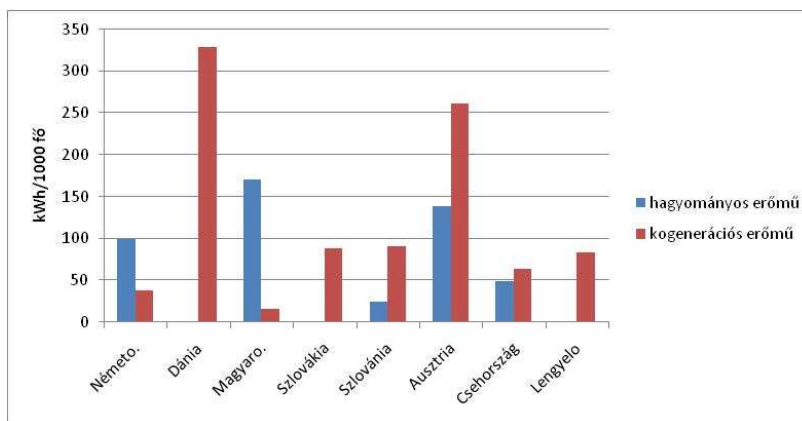
Az energiaültetvények számos természetvédelmi kérdést is felvetnek. Gondot okozhat nem várt elterjedésük, behatolásuk értékes természetes élőhelyekre, így a biodiverzitás szempontjából kockázatosak lehetnek. A gyakori tarvágás, a sorok közötti gyomirtás miatt a természetes élővilág csak egy bizonyos szegmensének tudnak élőhelyet nyújtani. Azonban mivel egy olyan mezőgazdasági tevékenységet vált fel, amelynek az esetében az előbbi tényezők még inkább jelen voltak, egy ilyen művelési ág változást tulajdonképpen előrelépésként is értelmezhetünk.

7. táblázat: Az energiaültetvények lehetséges potenciálja Magyarországon

	Terület (ezer ha)	Fűtőérték szárazon (MJ/kg)	Várható átlagos hozam (at/ha/év)	Összesen (PJ)
Nyár	350	21,5	6,2	46,66
Akác	125	19,0	6,2	14,73
Fűz	25	19,5	6,2	3,1
Összesen	500			64,5

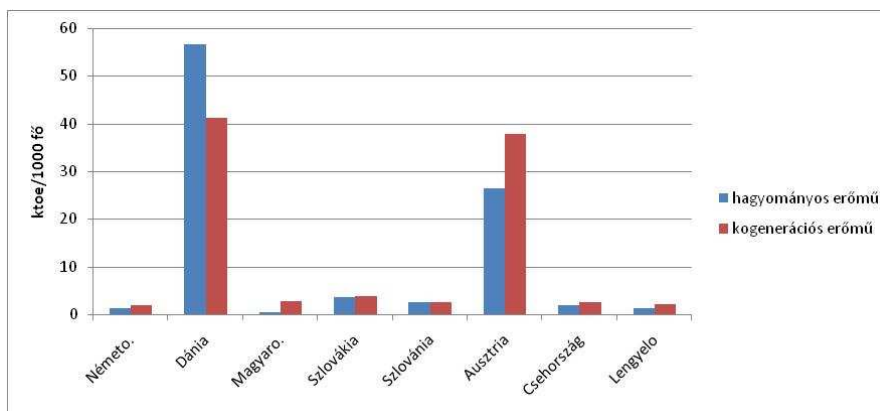
Európai kitekintés

Szilárd biomasszából villamos energiát Németországban állítanak elő legnagyobb mennyiségben. Európa vezető országában 2008-ban 11,293 TWh (40,6 PJ) elektromos áramot termeltek a biomassza-erőművek. A lista második és harmadik helyén az erdőkben gazdag Svédország és Finnország található. Magyarország a német értéknek a hatodát, 1,876 TWh (6,75 PJ) villamos energiát termelt szilárd biomasszából (2008). Ezzel az európai országok középmezőnyében helyezkedik el, megelőzve Dániát, Portugáliát, sőt Franciaországot is. Azonban ha az egy főre vetített számadatokat vizsgáljuk, az előbb említett Dánia kétszer annyi villamos energiát termel fából, mint Magyarország. Ráadásul Dániában a megtermelt energiát 100%-ban kapcsoltan állítja elő, míg Magyarországon a villamos energia ilyen fajta előállítására még gyerekcipőben jár – így a fát tüzelő hazai erőművek gyalázatosan alacsony hatékonysággal hasznosítják ezt az értékes energiahordozót. A pusztán mennyiségi adatokból tehát messzemenő következtetéseket ne vonjunk le, mert nem biztos, hogy a nagyobb értékek nagyobb mértékű fenntarthatóságra utalnak.



30. ábra: A szilárd biomasszából előállított villamos energia fajlagos mennyisége egyes európai országokban (EurObserv'ER, 2010)

A hőenergia termelésében már nem Németország a listavezető, megelőzi a már előbb említett Svédország (2,179 Mtoe), Finnország, Dánia, de még Ausztria is. Magyarország e tekintetben a középmezőny vége felé található, a szomszédos EU tagországok közül egyedül Szlovéniánál állunk jobban. Ha az egy főre vetített értékeket nézzük, megint kitűnik a mezőnyből Dánia és Ausztria. Magyarországot e tekintetben Szlovénia is megelőzi, biztató tény viszont, hogy a megtermelt hő (0,033 Mtoe) döntő része kapcsolt energiatermelésből származik.



31. ábra: A szilárd biomasszából előállított hőenergia fajlagos mennyisége egyes európai országokban (EurObserv'ER, 2010)

Összegezve elmondható, hogy a szilárd biomassza felhasználás tekintetében első látásra hazánk nincs annyira lemaradva, mint a többi megújuló energiaforrás felhasználása esetén. Azonban alaposabban és összefüggéseiben szemlélve a jelenlegi helyzetet úgy véljük, hogy a jelenlegi centralizált rendszer további erőltetése komolyan hátráltatja a szilárd biomassza környezetkímélő és hatékony felhasználását. A rendelkezésre álló biomasszából lényegesen nagyobb mennyiségben lehetne (és kellene) hasznosítható másodlagos energiahordozót előállítani.

Felhasznált irodalom:

Ángyán J. et al. [szerk.] (1998): Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása a mezőgazdasági EU-csatlakozási tárgyalások megalapozásához, Alapozó modellvizsgálatok III., Készült: az FM Agrárkörnyezeti, Erdészeti, Biogazdálkodási és Vadgazdálkodási EU Harmonizációs Munkacsoport megbízása alapján, Gödöllő, 78 p.

Bai A. – Ivalics R. – Marosvölgyi B. (2006): A rövid vágásfordulójú nemesnyárból előállított apríték gazdasági vonatkozásai p. 2. <http://www.zoldtech.hu/cikkek/20061228nemesnyar>

Bertók T. [szerk.] (1999): Csináljuk jól sorozat: A megújuló energiaforrások hasznosítása az önkormányzatok számára. Energia Központ Kht.

www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/csinaljukjol/szam14.htm

Borovics A. (2008): Energetikai faültetvények gyakorlati megvalósítása. Előadás-kivonat www.bacsmagrarkamara.hu/site/e107_files/downloads/rendezveny/apponyi/04_borovics_attila_energetikai_fa_ultetvenyek_gyakorlati_megvalositasi.pdf (letöltés: 2011. 06.25.)

EEA (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment. European Environment Agency - Report No. 7/2006, Copenhagen. GKM (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. 99 p. (22.oldal)

Eurostat (2010): Land Use/Cover Area frame Survey. Results on EU land cover and use published for first time. 4 p. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/5-04102010-BP/EN/5-04102010-BP-EN.PDF

Eurostat (2011): Energy Balance Sheets 2008-2009. Eurostat Statistical Books. 528 p. (letöltve: 2011. 07. 13.) http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-11-001/EN/KS-EN-11-001-EN.PDF

GKM (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium. 2008-2020. 99 p.

Gyulai I. (2007): A biomassa dilemma, 2. kiadás Magyar Természetvédők Szövetsége, 37 p.

Lukács Gergely Sándor (2009): Megújuló energia és vidékfejlesztés, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 265 p.

KSH (2010): Statisztikai tükör 4. évfolyam 75. szám, 3. oldal, 2010 június 28 (http://www.agrarkamara.hu/LinkClick.aspx?fileticket=KkGl1_G-y2l%3D&tabid=78)

Marosvölgyi B. (2004): Magyarország biomassa-energetikai potenciálja, in: Energiagazdálkodás, 45. évf., 2004. 6. sz., 16-19. o.

NFM (Nemzeti Fejlesztési Minisztérium) (2011): Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020. p. 175
http://www.kormany.hu/download/2/88/20000/NCsT_20110106_v%C3%A9gleges_201103.pdf

Pappné Vancsó J. (2010): A biomassa, mint energiaforrás hasznosítási lehetőségei, különös tekintettel magyarországra doktori értekezés, ELTE Földtudományi Doktori Iskola

Bioüzemanyagok Magyarország jövőbeni energiarendszerében (Munkácsy Béla – Szabó Dániel)

Fenntarthatóan működni képes gazdaság és társadalom a jelen közlekedési szokásaival és technológiai megoldásaival nem képzelhető el. Mindkét területen gyökeres reformokra van szükség. A szükséges átalakítások egyik eleme a szektorban széles körben elterjed fosszilis eredetű üzemanyagok alternatív forrásokkal való helyettesítése. Az egyik kézenfekvő alternatíva a bioüzemanyagok használata lehet. Ebben a fejezetben alapvetően a folyékony üzemanyagokkal foglalkozunk, a biogáz üzemanyagként történő felhasználásának lehetőségeit a biogázról szóló fejezetben tárgyaljuk.

A bioüzemanyagok használatával a (környezet)politikai cél nem más, mint a közlekedésből származó szennyezőanyagok kibocsátásának mérséklése, a fosszilis tüzelőanyagoktól való függetlenedés (ezzel együtt az ellátás biztonságának javítása), és a haldokló vidék illetve mezőgazdaság támogatása. Azonban a mértéktelen iparszerű gazdálkodásra alapozott, ültetvényes energetikai növénytermesztést nem tartjuk hosszú távon elfogadhatónak. Forgatókönyvünkben ezért a bioüzemanyagok felhasználását csak korlátozott mértékben vesszük igénybe. A folyékony bioüzemanyagok ugyanakkor középtávon a mezőgazdaság stabilizáló tényezői lehetnek, mert az ország gabonafeleslegére (évente akár 4 millió tonna) biztos és egyenletes keresletet jelentenek. A néhány évre előre szóló felvásárlási szerződések biztonságot és tervezhető termelést biztosíthatnak a gazdák számára. Hosszabb távon azonban véleményünk szerint elkerülhetetlennek tűnik az **iparszerű, energiaintenzív gazdálkodás háttérbe szorítása. A mennyiségi szempontok érvényesítése helyett egyre inkább a minőség kellene előtérbe kerülni**, ami óhatatlanul a feleslegek fokozatos csökkenését eredményezi majd.

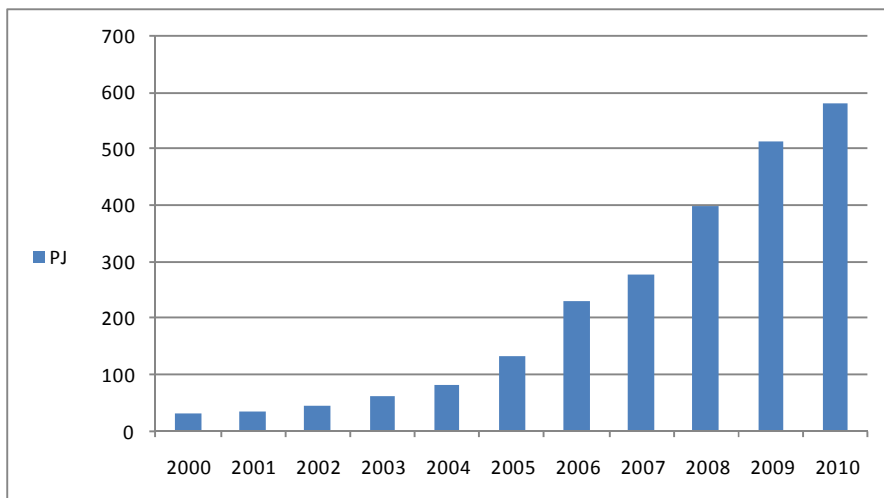
Egyelőre azonban az Európai Unió 27 tagállamában óriási növekedést tapasztalhattunk a bioüzemanyagok felhasználása terén. A 2000-ben mért 29,5 PJ mértékű felhasználás 2010-re elérte a **582 PJ**-t (EurObserv'ER,

2011), vagyis 10 esztendő alatt hússzorosára növekedett (32. ábra). Éppen ez a – különben minden iparosodott országban megfigyelhető nagy növekedés, pontosabban ennek következményei – hívták fel a figyelmet néhány alapvető problémára:

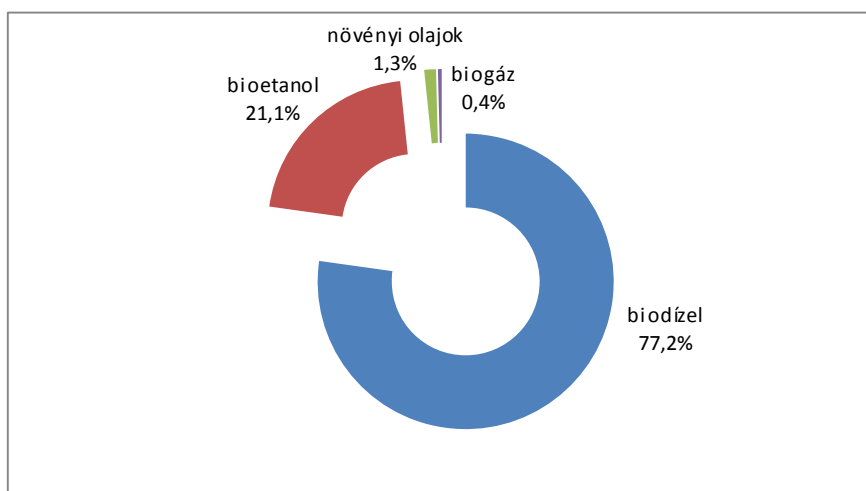
- a mérsékelt övezetben termesztendő növényfajokkal és fajtákkal nem érhető el akkora hozam, ami az üzemanyag-gyártásban a közlekedés jelenlegi igényeit fedezni volna képes, így a rendelkezésre álló termőterületek figyelembe vételével nem lehetséges, hogy Európa ezen a téren saját alapanyagokra támaszkodjon;
- a gazdag országok jó része a bioüzemanyagokat vagy ezek alapanyagait importból, főként trópusi országokból szerzi be, hiszen ezek előállítására pillanatnyilag leginkább alkalmas növényi alapanyagok (cukornád és pálmaolaj) a trópusokon termesztetők;
- a trópusi területeken a megnövekvő kereslet hatására addig még érintetlen területeket vontak be intenzív mezőgazdasági termelésbe;
- néhol a bioüzemanyagok alapanyagainak termesztése az élelmisznőnövények termelésének konkurensévé vált, így növekvő élelmiszer-árakat eredményezett;
- az energiaiintenzív iparszerű termesztési technológia és az interkontinentális szállítás olyan mértékű energiafelhasználással és környezetterheléssel jár, amely sok esetben megkérdőjelezi a bioüzemanyagok felhasználásának létjogosultságát.

A fentiek nyomán valóságos hadjárat indult a bioüzemanyagok felhasználása ellen. A támadás egyik frontja, amely különben valós problémára hívta fel a figyelmet, a bioüzemanyagok előállításának energiamérlegét vette célba. A kritikusok azt kifogásolták, hogy az iparszerű gazdálkodás és a tengerentúlról történő szállítás sok esetben több fosszilis energiát emészt fel, mint amennyi végeredményben a bioüzemanyagok felhasználása során kinyerhető. Ezzel egyetértve magunk részéről helyes törekvésnek tartjuk, hogy minden ország igyekezzen saját forrásból – és ne mások kárára – előteremteni a közlekedési szektor számára szükséges energiát. Ennek egyik lehetséges módja a bioüzemanyagok előállítása, amelynek kapcsán viszont valóban igen lényeges volna hatékonyabb és környezetkímélőbb agrotechnológiai megoldások alkalmazása.

A másik fronton az éhínség fő okozójaként, sőt egyenesen tömeggyilkosként állították be a bioüzemanyagokat. Határozott véleményünk ennek kapcsán, hogy **az igazi probléma nyilvánvalóan nem a bioüzemanyagok használata, hanem a minden eddigi mértéket meghaladó közlekedési teljesítmény**, pontosabban ennek energiaigénye és környezetterhelése. Sok érintett utalt arra, hogy a dezinformációs kampány háttérében vélhetően az ellenérdekeltektől olajipari és élelmiszeripari ágazat lobbija lehet (Roberts, M. 2008). Időközben az EU döntéshozói többször hangoztatták és a kutatók is igazolták, hogy a bioüzemanyagok termelésével nem magyarázható az élelmiszeráraknak a közelmúltban tapasztalt mértékű elszabadulása, például a rizs árának 76%-os emelkedése 2007-2008-ban (Ajanovic, A. 2010). Timilsina, G.R. és Shrestha, A. (2010) számításai szerint az elmúlt években tapasztalt élelmiszerár-növekedést csak 12%-ban köthetjük a bioüzemanyaghoz, 88%-ban más okok vannak a háttérben. A fogyasztói árak jövőbeni változásának kapcsán ugyanők kimutatták, hogy azok a modellek, amelyek lényegesen intenzívebb ár-növekedést valószínűsítettek (pl. a Gyulai I. (2011) által hivatkozott Smith, E. 2007), nem vették figyelembe az élelmiszeripar, a mezőgazdaság és egyéb érintett szektorok közötti interakciókat, ezeket egymástól elszigetelt entitásként kezelték.



32. ábra: A bioüzemanyagok forgalmazásának éves változása az Európai Unióban (EurObserv'ER, 2011)



33. ábra: A különféle bioüzemanyagok fogyasztásának egymáshoz viszonyított részaránya 2010-ben az EU-ban (EurObserv'ER, 2011)

Mindazonáltal az Európai Unió gyorsan reagált a kialakult helyzetre és a **2009/28/EK** direktívában igyekeztek a bioüzemanyagok előállításának olyan irányt szabni, amelyben már a fenntarthatóság szempontrendszere is megjelenik. Emellett egy tanúsítási rendszer, az **ISCC** (International Sustainability and Carbon Certification System) bevezetését is támogatták, melyben több más szempont mellett környezeti fenntarthatóság kritériumrendszerének kell megfelelni:

- olyan területtípusok használatát követeli meg, amelyek révén nem sérül a biodiverzitás vagy a talaj kötöttszén-készlete (carbon stock);
- elvárja, hogy a termelők a Jó Mezőgazdasági Gyakorlatok (Good Agricultural Practices) alkalmazásával a talaj, a víztestek és a levegő terhelését minimalizálják;
- előírják, hogy az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátására vonatkozóan a számításokat az életciklus minden lépésénél el kell végezni. Csak ez alapján derül ki, hogy a bioüzemanyag teljesíti-e az elvárt 35%-os ÜHG-csökkentési elvárást (ISCC 2011).

Ám a tanúsítási rendszer megjelenése ellenére sem árt kellő körültekintéssel közelíteni a kérdéshez. A célértékként meghatározott 10%-os részesedés eléréséhez az Európai Unió termőföldjeinek megközelítőleg 20%-át, Magyarország termőföldjeinek nagyjából 16%-át kell energetikai célú termelés alá vonni. (Laczó F. 2008) Ezek a magas arányok megkérdőjelezzik, hogy a 10%-os célérték Európa kedvezőtlenebb adottságú térségeiben tartható lesz-e. Az óriási terület- és nyersanyagigény problémája természetesen az Európai Unió döntéshozói számára is ismert. A vonatkozó direktíva a kérdéssel kapcsolatban így vélekedik: *„Habár technikailag lehetséges lenne, hogy a Közösség a közlekedésben használt megújuló energiaforrásokból előállított energiára vonatkozó célkitűzését kizárólag belső termelésből teljesítse, valószínű és kívánatos is, hogy azt ténylegesen a belső termelés és import vegyítésével teljesítse. E célból a Bizottságnak felügyelnie kell a Közösség bioüzemanyag-piacát, és szükség szerint megfelelő intézkedéseket kell javasolnia, hogy a belső termelés és a behozatal között egy kiegyensúlyozott megközelítés szülessen, figyelembe véve, többek között, a többoldalú és kétoldalú kereskedelmi tárgyalásokat, a környezetvédelmi, a társadalmi és gazdasági megfontolásokat, valamint az energiaellátás biztonságát.”* (2009/28/EK)

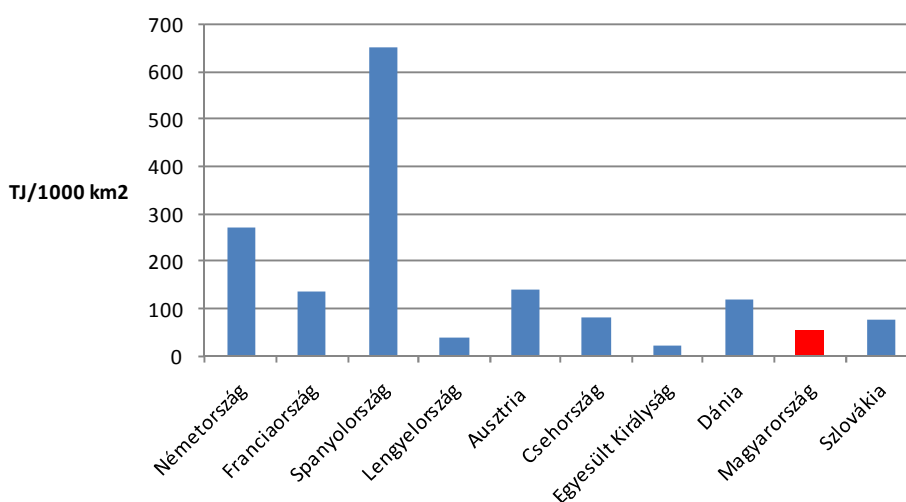
Tehát a bioüzemanyagok energiafogyasztásban való részesedésének növelése esetén az EU szintjén mindenképp import energiahordozók felhasználásával számolnak. Ez azonban ellene van azon alapvető elvárásunknak, mely szerint energiaigényünk kielégítésére helyi erőforrásokat használjunk. Az elkövetkező évek, évtizedek eseményei, politikai, gazdasági fordulatai kiszámíthatatlanok, megjósolhatatlanok (példaként említhető a bizonytalanságra Észak-Afrika és a Közel-Kelet 2011 eleji eseményei). Véleményünk szerint ilyen körülmények között meg kellene fontolni, hogy milyen eszközök alkalmazásával volna elérhető (pl. hatékonyság gyors és drasztikus javítása, ökoadó-rendszer bevezetésével a fogyasztás visszaszorítása), hogy ne kelljen a Közösség határain kívülről érkező import bioüzemanyagokat (vagy ezek alapanyagait) felhasználni.

A bioüzemanyagok helyzete Magyarországon

Az alapanyagok termesztése kapcsán élesen ketté kell választani a biodízel és a bioetanol gyártását. Hazánkban (és Európában általában) a biodízelgyártás terén a **repce** a legfontosabb kiindulási termék, míg a bioetanol esetében a **kukorica és a búza**. Ezek esetében az alapkérdés, hogy a növény termesztésével nyerhető összes energia és a növény termesztéséhez felhasznált bruttó energia hogyan aránylik egymáshoz (EROEI = Energy Return on Energy Invested). Az egynél nagyobb „energetikai ráta” azt jelenti, hogy energetikai értelemben a folyamat pozitív eredményt hoz, ám a nagyon alacsony értékek nem jelentenek megnyugtató megoldást. Összehasonlításképpen: a világ teljes olajiparára vetítve ez az érték 18, igaz ez rohamosan csökken (Grandell, L. et al. 2009). A magyarországi körülmények között repceből előállított repce-metilészter (RME) esetében hazai kutatók **2,9-5,5 energetikai rátát** számoltak ki – a kisebb érték csak a mag feldolgozásával, a nagyobb a teljes hajtásos rész feldolgozásával adódik – pihentetett területeken ennél 10%-kal magasabb értékeket mértek. A búzából nyert etanol esetében az egyűthető 3,6-3,9 körüli, cukorrépából nyert etanolnál pedig 2,43-2,53 (Fogarassy Cs. 2001). Az EROEI tekintetében konkrét jogszabályi elvárások nincsenek, de egy ennél komplexebb mutató, az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítás terén – mint azt korábban jeleztük – az EU elvárása a

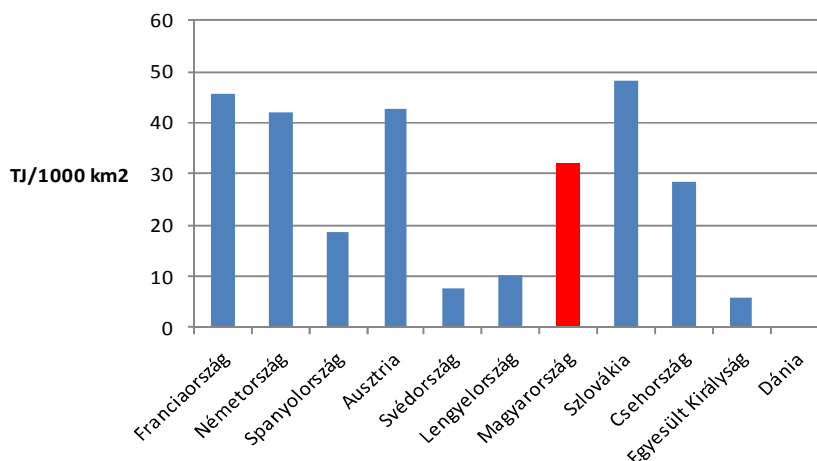
legalább 35%-os, majd a későbbiekben 50, sőt 60%-os arány elérése a teljes életciklusra vetítve. Ez sajnos nem kifejezetten ambiciózus elvárás, de az első generációs bioüzemanyagok kapcsán a realitások sajnos nem tesznek lehetővé Európában ennél komolyabb követelmények meghatározását. Mivel nem várható radikális javulás az energetikai ráta tekintetében, ezért már rövid távon a továbblépés lehetőségein kell dolgozni. Ez részben a második, de méginkább a harmadik generációs bioüzemanyagok rendszerbe állítása, illetve az elektromos hajtás irányába való elmozdulás lehet.

Jelenleg a **biodízel** előállítása terén szerényebbek az eredmények, az előállított **150 millió literes** (2009-ben) mennyiség alapján hazánk nem szerepel az európai élbolyban, a 14. helyen állunk (EurObserv'ER 2011). Abban az összevetésben is lista hátsó szegmensében vagyunk, amely adott területegységre vetítve mutatja a biodízel mennyiségét (34. ábra).



34. ábra: Biodízel gyártás (energiamennyiségben kifejezve) egységnyi területre vetítve az EU néhány országában 2009-ben (www.biofuels-platform.ch adatai alapján)

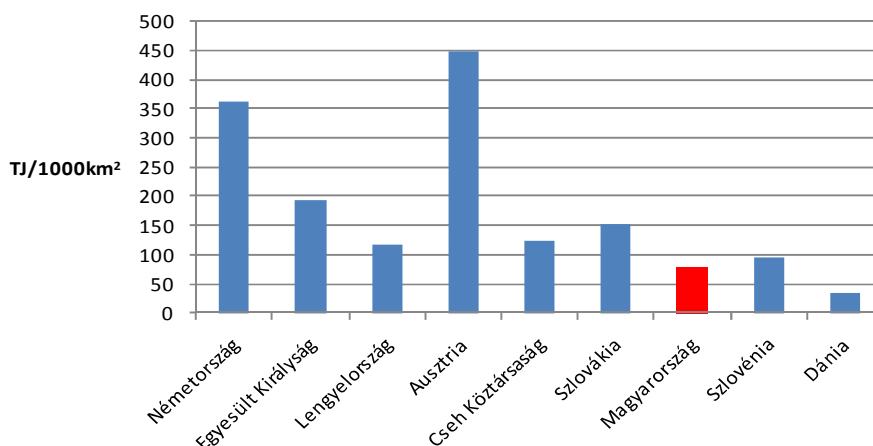
A bioetanol esetében a megtermelt mennyiség – a bioetanoléhoz hasonlóan – **150 millió liter** (2009), mellyel a 7. helyen szerepelünk az EU listáján (EurObserv'ER 2011). Ha ezt adott területegységre vetítjük, akkor még előrébb tartunk, bár a hasonló természeti adottságú országokhoz képest így is szerényebb a nálunk megtermelt mennyiség (35. ábra). A 2005.évi kiindulási ponthoz képest a gyártási mennyiség két lépésben, meglehetősen gyors ütemben nőtt. A legnagyobb, európai léptékben is nagy számú üzemünk Szabadegyházán működik.



35. ábra: Bioetanol gyártás (energiamennyiségben kifejezve) egységnyi területre vetítve az EU néhány országában 2009-ben (www.biofuels-platform.ch adatai alapján)

Magyarország **7,3 PJ energiának** megfelelő **felhasználásával** a megtermelt bioüzemanyagot lényegében el is fogyasztja. Európai Unió összehasonlításban a 15. helyen állunk az EU 27 tagállama között (EurObserv'ER 2011). Ezzel az értékkel a magyarországi közlekedési szektor energiafogyasztásának 4,2%-át fedezik. A 1000 km²-es terület egységre vetített értékeket vizsgálva megállapítható, hogy az ország bioüzemanyag felhasználása a térségben található, ám rosszabb mezőgazdasági adottságokkal rendelkező országhoz képest jelentős elmaradást mutat (36. ábra). Érdekes, hogy ebben az összehasonlításban éppen az EU két olyan országa áll kedvezőtlenebb pozícióban, amelyek különben a művelhető területeik tekintetében világviszonylatban is kiemelkedő helyet foglalnak el – hiszen mind Dánia, mind pedig Magyarország 50%-nál nagyobb termőterülettel rendelkezik.

A felhasználás egyik alapfeltétele, a szükséges infrastruktúra különösen a bioetanol-töltőállomások tekintetében kiemelkedően fejlett. 2011 májusában adták át hazánkban a négyszázadik E85 töltőállomást, így Magyarország az úttörő Svédország után a második az európai listán (Svédországban, ahol már 1994 óta forgalmazzák ezt az üzemanyagot, jelenleg 1600 kútnál kapható).



36. ábra: Néhány európai ország bioüzemanyag-fogyasztása egységnyi területre vetítve 2010-ben (EurObserv'ER, 2011 alapján)

A bioüzemanyagok felhasználása a Vision 2040 Hungary forgatókönyvben

Forgatókönyvünkben a folyékony bioüzemanyagoknak csak szerény szerepet szántunk. Megítélésünk szerint kb. 12 PJ-re lehetne emelni ezeknek az üzemanyagtípusoknak az arányát 2020-ig. Ez lényegében a közlekedési szektor energiaigényének 10%-át volna képes fedezni. Bár az EU direktívája a 2020-ig elérendő 10%-os célérték tekintetében megengedő, hiszen hangsúlyozza, hogy ebbe nem csak a bioüzemanyagok, de minden más megújuló energiaforrás (nyilván főként a megújuló alapú villamos energia) beleszámítandó.

A 12 PJ-os bioüzemanyag felhasználásnál nagyobb mennyiséggel nem is kalkuláltunk, sőt, számításaink szerint 2045-től ezek kis mértékű leszorítását is elérhetjük – a különféle elektromos üzemű járművek elterjedésének köszönhetően. Annak ellenére gondoljuk ezt lényegesnek, hogy a **második generációs** cellulóزالapú – esetlegesen akár mezőgazdasági és erdőgazdasági melléktermékekre támaszkodó – bioüzemanyagok elterjedése is várható, sőt 2030-tól akár az alacsonyabb vagy magasabb rendű vízinövényekből előállított **harmadik generációs** bioüzemanyagok is megjelenhetnek. Ilyen kutatási projektek már a világ számos pontján, így Magyarországon is folynak. Ezekre azért érdemes különös figyelmet fordítani, mert ezek keretében akár a CO₂ megkötésére is lehetőség nyílik majd. A fenti fejlemények eredményeként a kifejezetten bioüzemanyag előállítását célzó növénytermesztés teljesen visszaszorulását várjuk 2050-ig.

Felhasznált irodalom:

Ajanovic, A. (2010): Biofuels versus food production: Does biofuels production increase the food prices? – in: Energy, doi: 10.1016/j.energy.2010.05.019

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2009/28/EK IRÁNYELVE a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről

EurObserv'ER (2011): Biofuels Barometer (http://www.eurobserv-er.org/pdf/biofuels_2011.pdf)

Eurostat (2011): http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables

Fogarassy Cs. (2001): Energianövények a szántóföldön. SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja. 144 p.

Grandell, L. et al. (2009): Energy return on Investment for Norwegian Oil and Gas 1991-2008. In: 9th Annual Conference of Association for the Study of Peak Oil & Gas.

Gyulai I. (2011): Biomassza-dilemma, 4. átdolgozott kiadás. MTVSZ, 116 p.

ISCC (2011): ISCC 202 Sustainability Requirements for the Production of Biomass. ISCC 11-03-15 - V 2.3-EU. 39 p. web: http://www.iscc-system.org/e865/e890/e3379/e3402/e3474/ISCC202SustainabilityRequirements-RequirementsfortheProductionofBiomasse_2.3_ger.pdf (letöltve: 2011. augusztus 6.)

Laczó F. (2008): Bioüzemanyagok előállításnak lehetőségei Magyarországon- Környezettudományi Központ, Budapest. (<http://www.ktk-ces.hu/biouzemanyag.pdf>) (letöltve: 2011. július 30.)

Roberts, M. (2008): Don't Blame Us For Hunger, Biofuel Makers Say. Reuters News Service - web: www.bioenergy-world.com/americas/2008/IMG/pdf/Don_t_Blame_Us_For_Hunger_-_Biofuel_Makers_Say.pdf (letöltve: 2011. augusztus 4.)

Timilsina, G.R. és Shrestha, A. (2010): How much hope should we have for biofuels? Energy 2010, doi:10.1016/j.energy.2010.08.023

A biogáz potenciál (Szabó Dániel – Munkácsy Béla)

A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során képződő, a földgáz fűtőértékének mintegy kétharmadával bíró, energetikai célokra használható légnemű anyag (Bai A. 2002), melynek termelési módját a természeti adottságok, de főként a helyben keletkező szerves hulladékok kínálta lehetőségek határozzák meg. A kommunális hulladéklerakókon keletkező depóniagáz, a szennyvíziszap, és a mezőgazdasági termeléshez köthető melléktermékek, hulladékok biogáz termelésben való felhasználása a fenntarthatósági szempontok próbáját is kiállja. A kifejezetten biogáz létrehozása céljából termesztett növények kapcsán a véleményünk már nem pozitív, ezek esetében az intenzív, monokultúras termesztést környezeti szempontból nem tartjuk elfogadhatónak.

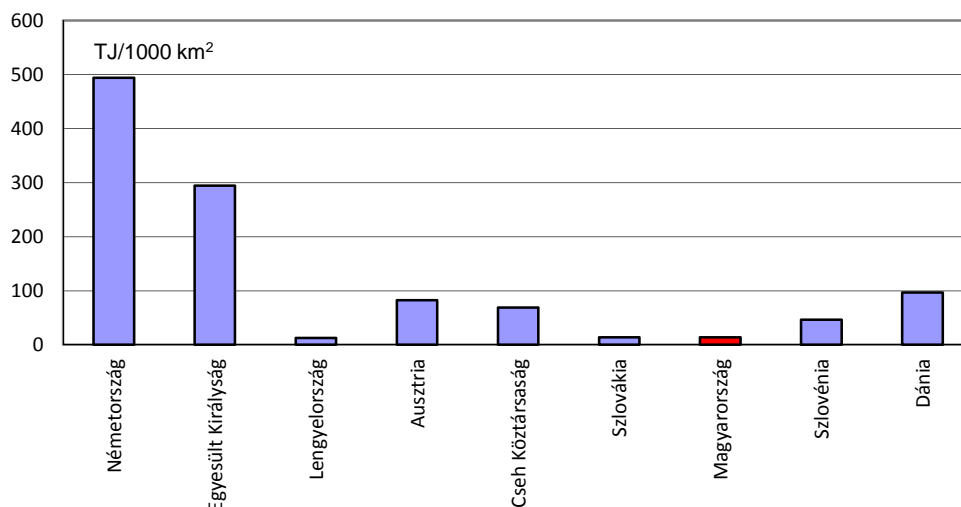
A megtermelt biogáz a metán mellett számos egyéb alkotórészt is tartalmaz, így tisztításával fűtőértéke jelentős mértékben javítható, akár a földgázzal egyenértékűvé tehető. Fontos azt is megjegyezni, hogy a tisztítás során keletkező melléktermékek többségében még tovább hasznosíthatók. (Pappné Vancsó J. 2010) A biogáz előállításának különféle iszapszerű melléktermékei – fázissztávasztást és szükség esetén komposztálást követően – kiválóan alkalmazhatók talajerő javításra.

A biogáz termelésének helyzete az EU országokban

Annak ellenére, hogy a biogáz termelése viszonylag alacsony környezetterheléssel jár, és számos előnye van mind energiagazdálkodási, mind hulladékgazdálkodási szempontból, hasznosításának jelentősége hazánkban igen alacsony, de **EU szinten is csak 347,5 PJ** energiatartalmú biogázt termelnek (2009-re vonatkozó adat – EurObserv'ER 2010). A biogázt legnagyobb részben villamos áram előállítására használják, a gázmotorok 2009-ben 90,72 PJ-nyi elektromos áramot állítottak elő. A keletkező hőenergiát a legtöbb esetben saját célra használják. Üzemanyagként történő alkalmazása egyelőre jelentéktelen, a többi bioüzemanyaggal összevetésben is csak alig 0,4% volt a részaránya 2010-ben (EurObserv'ER 2011).

Európában a biogáz felhasználás tekintetében egyértelműen **Németország jár az élen, hiszen 176,4 PJ-nyi** energiával ide köthető a biogáz-gyártás 50%-a. Ugyanakkor a csaknem 5000 kis üzem döntően energianövények feldolgozására támaszkodik, amit nem tartunk feltétlenül szerencsés iránynak. A technológia térhódításának gyors ütemét jelzi, hogy az 5000-ből csaknem 1100 üzem 2009-ben indította be működését. Az európai második az Egyesült Királyság, ahol a megtermelt 72,1 PJ-nyi biogáz 85,5%-a hulladéklerakókról származó depóniagáz. (EurObserv'ER 2010).

A fenti példákhoz képest nyilvánvaló, hogy a **magyarországi biogáz-termelés 1,28 PJ-nyi** energiahozamával meglehetősen szerénynek mondható. Ezzel a 16. helyen, vagyis a középmezőny alján vagyunk az EU tagországainak sorában – ám 2003-ban még az utolsó helyen álltunk, így ezt komoly előrelépésként is értelmezhetjük. Kiemelkedik a megtermelt energiahordozó 2009. évi mennyiségi növekedése, ami éppen 50%-os volt. Rothasztótornyaink ma már főként (57%-ban) mezőgazdasági üzemek, állattartó telepek hulladékát dolgozzák fel, míg 33,5% a szennyvíztelepekhez, 9,1% a hulladéklerakó-telepekhez köthető a termelés. A biogázból 95,2 GWh (0,34 PJ) villamos energiát előállítottak elő – kizárólag kogenerációban – 2009-ben (EurObserv'ER 2010).



37. ábra: Néhány európai ország biogáz termelése egységni területre vetítve 2009-ben (EurObserv'ER 2010)

A biogáz-termelés hazai potenciáljai

A biogáz magyarországi felhasználása esetén **80 PJ technikai potenciállal** számoltunk 2050-re. Ezt az értéket a hazai szakirodalmi anyagok adatainak összegzésével kaptuk. Elmondható, hogy az egyes becslések között óriási eltérésekkel találkozhatunk. Míg Bai A. (2007) 77,22 PJ technikai potenciált határoz meg, addig Marosvölgyi B (2004) 157 PJ értékkel számol (ez utóbbi érték a másodlagos, illetve harmadlagos biomasszák alapanyagként való hasznosítása esetére vonatkozik - 8. táblázat).

Le kell szögeznünk, hogy tanulmányunkban kizárólag a hulladékalapú biogáz termeléssel foglalkozunk, az elsődleges biomassza forgatókönyvünkben csak a bioüzemanyagok és a szilárd biomassza felhasználásában játszik szerepet. Döntésünk oka, hogy a szerves hulladékok (biohulladékok) energetikai célú hasznosítása nem jár olyan ökológiai kockázatokkal, mint amilyenekkel az elsődleges biomassza energetikai célú hasznosításánál számolhatunk. További előny, hogy a szerves hulladékok keletkezése folyamatos, így az energiaforrások utánpótlása nem okoz gondot (Dinya L. 2010).

8. táblázat: Biogáz felhasználás technikai potenciálja Magyarországon (PJ) – Forrás: Marosvölgyi B. (2004)

Másodlagos biomassza		18,7-23
Hígytrágya	0,7- 1	
Állati hulladékok, melléktermékek	13- 15	
Feldolgozási hulladékok	5-7	
Harmadlagos biomassza		54-134
Élelmiszeripari hulladékok	3-5	
Élelmezési hulladékok	6-9	
Szennyvízkezelés iszapjai	15-40	
Kommunális biohulladékok	30-80	
Mindösszesen		72,7-157

Forgatókönyvünkben a biogáz használatának felfutása 2015-től egyenletesen és gyors ütemben növekszik. Az általunk 2020-ra jelzett biogáz-mennyiség 12 PJ energiát képvisel, 2030-ra 30,4 PJ, 2040-re 70,4 PJ-lal kalkuláltunk. Ezzel összevetésben az MTA idevonatkozó tanulmánya szerint 2020-ra a biogáz felhasználás elérheti a 12,9 PJ-t, míg az Európai Környezetvédelmi Ügynökség előrejelzése szerint a felhasználás 30 PJ körülre emelkedik (ezzel eléri a teljes potenciál 37,5%-át). Ebből következően a 2020-ig terjedő időszakban az általunk tervezett növekedés akár visszafogottnak is tekinthető. A teljes potenciálnak megfelelő mértékű felhasználással nem számolunk, a számítógépes elemzés szerint annak 88%-ára mutatkozik igény 2040-2050 között.

A biogáz energetikai célú hasznosítása hazánkban is fényes jövő előtt áll, forgatókönyvünkben az egyik meghatározó energiaforrásként jelenik meg. Erre a technológia számos adottsága megvan (hulladékalapú, tehát zárt anyagforgalmi ciklust képes létrehozni; kisléptékű, tehát a fogyasztás helyéhez közelre telepíthető), ugyanakkor alkalmazásának korlátja lehet, hogy az átlagosnál lényegesen felkészültebb és komplexebb ismeretekkel rendelkező szakembergárdát igényel, hiszen a biogáz-üzemek működtetése bonyolult mikrobiológiai folyamatok áttekintését, kézben tartását igényli, ráadásul szélesebb kitekintésben szükségszerűen hulladékgazdálkodási és argotechnológiai elemei is vannak.

Források:

Bai A. 2002: A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

Bai A. 2007: A biogáz. – Szaktudás Kiadó, Budapest. 298 p.

Dinya L. 2010: Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. – Magyar Tudomány 2010/8 pp. 912-925.

EurObserv'ER (2010): The State of Renewable Energies in Europe. 203 p.

EurObserv'ER (2011): Biofuels Barometer. 26 p.

Marosvölgyi B. 2004: Magyarország biomassza-energetikai potenciálja. – Energiagazdálkodás, 45. 6. pp. 16-19.

Megújuló energiák hasznosítása. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 49 p.

Pappné Vancsó J. 2010: A biomassza, mint energiaforrás hasznosítási lehetőségei, különös tekintettel Magyarországra. – Doktori értekezés, Budapest, 149 p.

http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_7 (2011. 08. 03.)

4.4.3 A környezeti hő felhasználásának lehetőségei 2050-ig (Munkácsy Béla – Krassován Krisztina)

Ebben a fejezetben több, egymáshoz sok tekintetben közel álló, éppen ezért gyakorta nehezen áttekinthető módon tárgyalt szakterület magyarországi potenciáljainak bemutatását tűztük ki célul. Az itt tárgyalt megoldások közül legismertebb a **geotermikus energia** hasznosítása – ami a szilárd talaj felszíne alatt hő formájában található energia felhasználására utal –, ugyanakkor a környezeti hő forrása alapján megkülönböztetjük még a **hidrotermikus és légtermikus** energia felhasználását is (lásd: Európai Parlament és a Tanács 2009/28/EK irányelve).

A **geotermikus energia** egyik fő forrása a Föld belsejében lejátszódó radioaktív izotópok bomlása, melynek során óriási mennyiségű hő keletkezik, amely a kőzeteken keresztül vezetéssel és sugárzással, valamint a közetek pórusaiban áramló fluidum segítségével hőáramlás útján folyamatosan a Föld felszíne felé áramlik. Az így jelentkező hőenergiát kétféleképpen lehet hasznosítani. Alapesetben kitermelő kutak segítségével hozzák a fluidumot a felszínre és **fűtésre, valamint használati meleg víz előállításra** használják. A hosszú távú energianyerés érdekében igen fontos, hogy a lehűlt folyadékot visszasajtoló kutak segítségével visszajuttassák a mélyebb, felszín alatti rétegekbe – még akkor is, ha ez az üzemeltető rövid távú hasznosításának céljával nem egyeztethető össze. További lehetőséget kínál, ha a kitermelés eredményeképpen kellően magas hőmérsékletű (> 120-150 °C) fluidum kerül a felszínre, ez esetben **villamos erőművek** üzemeltetésére is lehetőség van.

A mélyben zajló folyamatok eredményeképpen – egy adott hőteljesítmény jelentkezik, amit **hőáramsűrűségnek** nevezünk (ez az 1 m²-en jelentkező hőteljesítmény). Ennek értéke azonban még a kedvező földtani adottságokkal rendelkező Magyarországon is olyan csekély – mintegy 70-90 mW/m² (Völgyesi L. 2002) –, hogy ezt önmagában nem volna érdemes energetikai célra hasznosítani. Még szerencse, hogy a Föld felszínét a Nap is melegíti, ennek köszönhetően a nyári félévben a talaj és az alatta lévő kőzettest 10-20 méter vastagságban felmelegszik, így a figyelembe vehető hőteljesítmény 20-30 W/m²-re nő. Ezáltal már értelmet nyer a **talajkollektoros hőszivattyúzás**, aminek eredménye fűtési célú vagy használati meleg víz. Az energiaforrás ilyen esetben tehát sokkal inkább a Nap sugárzó hője, semmint a Föld belső hője (MacKay, D. 2009). Ebből következően a légtermikus és hidrotermikus hasznosítás esetében is egyértelműen a napsugárzás közvetett hasznosításáról beszélhetünk, a végeredmény itt is hőenergia kinyerése.

A környezeti hő alkalmazásának előnyei között energetikai szempontból a legfontosabb, hogy tervezhető a hasznosítás menete, időjárási tényezők nem befolyásolják a kitermelhető mennyiséget, valamint – elsősorban a légtermikus hő esetében – az ország egész területén alkalmazható. Különösen a geotermikus hasznosítás esetében fontos azt megemlíteni, hogy a hőhasznosítás hosszabb időtávlatban a termelés helyén lehűtheti környezetét, ezért úgy kell tervezni a felhasználás ütemét, hogy legyen elég ideje a közegnek újra felmelegedni.

A környezeti hő hazai hasznosításának jelenlegi gyakorlata

Hazánkban a **geotermikus** hőenergia-vagyonunk hasznosítása adja a környezeti hő felhasználásának szinte teljes egészét. Hazánkban kb. 915 üzemelő termál kutat tartanak nyilván. A **felszínre hozott 26-38 PJ** hőenergiából alig 10%-nyit, 2009-ben például **4,03 PJ-t** (Eurostat 2011) **hasznosítottunk**. Sajnálatos azonban, hogy a rendszer hatalmas veszteségekkel működik. A hasznosítás (vagy elpazarlás?) fő területe a direkt hőhasznosítás

(üvegházak fűtésére, épületek, uszodák fűtésére, használati-melegvíz termelés, távfűtés) és a hévizek gyógyászati alkalmazása (Mádliné Szőnyi J. 2008).

Úgy tűnik, hogy egyelőre nincs olyan készletű erő, amely ennek az értékes természeti erőforrásnak a gazdaságos felhasználására sarkallná a jelenlegi haszonélvezőket. Általános például az a gyakorlat, hogy a hévizes fürdők számára felszínre hozott hévizet úgy hűtik vissza a szükséges hőmérsékletre, hogy eközben nem gondoskodnak a keletkező hulladékhő felhasználásáról; az elhasznált vizekből nem nyerik vissza a hőt, ehelyett drága külföldi földgáz felhasználásával fűtik a fürdőépületeket. Csak a budapesti fürdők és uszodák vizének racionális hőhasznosításával a fővárosi földhőkihasználás mértékét többszörösére lehetne növelni. Ez azonban a jelenlegi felhasználók szigorú számonkérése, határozott szabályozási lépések nélkül nehezen képzelhető el.

A felszín közeli hőkészletek, valamint a légtermikus és hidrotermikus energia esetében hőszivattyúk segítségével nyerjük ki a hőt. 2000 és 2009 között 10 db-ról 1000 db-ra nőtt az éves hőszivattyú eladások száma Magyarországon – ebből 400 db földhőszonda, 400 db levegős szivattyú és 200 db hidrotermikus alkalmazás (Ádám B. (a. 2010). Ugyanakkor a 9,1 millió lakosú – és lényegesen kedvezőtlenebb természeti adottságú – Svédországban az értékesített berendezések száma 2000-ben 24 000 db, míg 2008-ban már 128 400 db (Ádám B. 2010b) volt. Ezeknek a kimagasló eredményeknek a hátterében a magasabb jövedelmek és a kedvezőbb szabályozási környezet mellett nyilvánvalóan a hőszivattyúk működtetéséhez szükséges olcsó és tiszta üzemű vízenergia áll. Hazánkban egy ilyen magas darabszámot a jelenlegi villamosenergia-rendszer környezeti teljesítménye sem indokol, sőt véleményünk szerint mindaddig, amíg az energiamixben ilyen jelentős szerepet tölt be az atomerőmű és a fosszilis erőművek sokasága, addig kifejezetten korlátok között kell tartani a hőszivattyúk elterjedését.

Az MTA 2010-es prognózisa (Büki G. 2010) szerint 2020-ra csak a hőszivattyúk alkalmazásával 8-10 PJ/év energiát tudna hazánk előállítani, a közvetlen hőhasznosítással együtt pedig elérhetnénk a 20 PJ/év körüli értéket.

Villamosenergia-termelés

A 120-150 °C, illetve annál melegebb kőzetrétegekből származó fluidum már hatékonyan használható akár villamos energia előállítására is. Jelenleg ennek kapcsán csak kutatási tevékenységről lehet beszámolni, amelyek sommás összefoglalásaként leszögezhetjük, hogy az efféle alkalmazások szempontjából hazánk területének csak kisebb része jöhet számításba, ráadásul a szükséges hőmérséklet csak 2500-3000 m-es mélységben érhető el. A várható magas beruházási költségek ellenére Ádám B. et al. (2009) szerint érdemes lenne kiaknázni ezt a lehetőséget is, így 10-100 MW villamos teljesítményű erőművekből álló rendszert lehetne üzembe állítani. Ez véleményünk szerint abban az esetben volna elfogadható, ha a szükségszerűen jelentkező hőenergiát is fel kellene (lehetne) használni, így további, akár 1000 MW-nyi hőteljesítmény hasznosításának szükségszerűsége merül fel. Ennek kapcsán a probléma leginkább abban rejlik, hogy amíg a szerényebb mennyiségben keletkező villamos energia könnyen elszállítható, addig a jóval nagyobb mennyiségben felszabaduló hő hasznosítására helyben kellene megoldásokat találni.

A konkrét energetikai célú kutatásokat követően lassan a megvalósítás fázisához érkezünk. Kutatófúrásokat mélyítettek Miskolcon, Gödöllőn, Nagykanizsán és Berekfürdőn, sőt, a híradások szerint 2011-től megkezdődnek a konkrét beruházások is. Hosszabb időtávra előre nem nagyon vannak becslések, de Kurunczi M. (2010) szerint 2020-ra 3,4 PJ/év villamos energiát lehetne termelni csak azzal, hogy évente 1-1 kisebb erőmű átadása megvalósul.

A földhő hasznosításának magyarországi potenciálja

Hogy a jelenleg felhasznált alig 4 PJ hőenergián túlmenően még milyen mértékű készletek állnak rendelkezésre, annak kapcsán megoszlik a szakmai körök véleménye. A 9. táblázatban összefoglaltuk a különféle forrásokban talált adatokat.

9. táblázat: Hazánk földhő-hasznosítási potenciálja különféle források szerint (időrendi sorrendben)

Tanulmány címe	Tanulmány szerzői, évszám	a potenciál mértéke (PJ/év)
Az ország egyes régióin, területrészein a geotermikus potenciál meghatározása	Liebe P. 1982	ipari vagyon (társadalmi-gazdasági potenciál): 343 000
A geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának előkészítéséről	Rezessy G. et al. 2005	elméleti potenciál: 5 380 000
Magyarország fenntartható energiastratégiája	Energia Klub 2006	50-63
Magyarország megújuló energiaforrás felhasználás növelésének stratégiája 2007-2020	GKM 2007	Elméleti: 63,5 Gazdaságos: 12
A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeli lehetőségei Magyarországon	MTA – ELTE 2008	min. 60
Javaslat a geotermikus energia hazai hasznosításának növelésére	Ádám B. et al. 2009. ⁶	100-110 (talajkollektoros hőszivattyúval együtt)

A potenciálbecslési adatok jelentős eltérése több okból is adódhat, így okozhatja a különböző mérési módszerek alkalmazása (hőáram módszer, térfogati módszer); az eltérő egységekre vonatkoztatott számítás (pl.: m²-re, utánpótlódó hővagyonra), vagy azok különböző potenciáltípusokra (elméleti, technikai, gazdasági, ipari, fenntartható) végzett számítása (Mádliné Sz. J. 2008). További ok, hogy a legújabb kutatások eredményei alapján egyre pontosabb a kialakult képünk, illetve a technológiai lehetőségek folyamatos bővülésével – így például a mesterséges földhő-rendszerek (Enhanced Geothermal System) kínálta lehetőségek figyelembe vételével – a felhasználási lehetőségek is szélesednek.

Az elméleti potenciál bizonyosan hatalmas, Rezessy et al. (2005) szerint a legjobban hozzáférhető negyedidőszaki és felső-pannóniai korú képződmények együttesen mintegy **5 380 000 PJ** hőmennyiséget tárolnak. Figyelembe véve a jelenlegi pazarló felhasználást, valamint lehetőségeink szerény mértékű kihasználását, véleményünk szerint a valóban hasznosítható potenciálként jelzett **100-110 PJ/év** energiamennyiség egyáltalán nem tekinthető túlzó elképzelésnek:

- Különösen annak tükrében nem, hogy ebben 30-40 PJ értékkel már a talajszondás és talajkollektoros környezeti hő felhasználása is benne foglaltatik (Ádám B. et al. 2009);

⁶ ÉTE Hőszivattyú Szakosztály; CEGE Zrt.; Magyar Termálenergia Társaság; Geotermikus Koordinációs és Innovációs Alapítvány; PYLON Kft.

- A jelenlegi pazarló felhasználás megszüntetésével, így a kaszkád rendszerű komplex hasznosításra való átállással 2020-ra a jelenleg felszínre hozott 26-38 PJ-nyi hőenergiából a mostani 4 PJ mellett akár további 10-15 PJ hőt is ki lehetne nyerni anélkül, hogy többlet hőt termelnénk ki a felszín alól (Mádl J. 2008; Ádám B. et al. 2009).
- A fent hivatkozott kutatók határozott álláspontja szerint ezek után a termelést csak úgy lehet fokozni, ha a lehűlt vizet a rezervoárba visszasajtoljuk.

A hőszivattyús hazai potenciálja 2050-ben

Érdekes kérdéseket vet fel a hőszivattyúk felhasználásában rejlő potenciál, ennek kapcsán ugyanis szinte kimeríthetetlen lehetőségekről beszélhetünk. Erre vonatkozóan azonban olyan szakirodalmi adatokkal nem találkozunk, amely mindhárom forrást tárgyalta volna, valójában kizárólag a geotermikus hőenergia kapcsán jelentek meg korábban potenciálértékek. Az alábbiakban kísérletet teszünk a légtermikus és hidrotermikus potenciálok meghatározására is.

Mi a korlátot abban látjuk, hogy az efféle rendszerek fenntartható módon történő működtetéséhez a villamos energia környezetkímélő megújuló forrásból kell származzon. A fentiek tükrében véleményünk szerint **a környezeti szempontból is elfogadható potenciált valójában a megújuló alapú villamos energia mennyisége határozza meg.**

A jelenlegi technológia lehetővé teszi a betáplált villamos energia mennyiségéhez képest akár a 4, de speciális esetben akár az 5-szörös mennyiségű hőenergia kinyerését is. Azonban ennek kapcsán egy másik problémával is számolni kell. A folyamat végén kinyert hőenergiához képest a betáplált villamos áram lényegesen értéke-sebb erőforrás – mert sokrétűbben használható, jól szállítható, ugyanakkor előállításához a forrásoknak jóval kisebb köre áll rendelkezésre. Viszont a hőszivattyúk javára írható, hogy – mivel a hőenergia lényegesen egyszerűbben tárolható, így – az időjárásfüggő megújuló energiaforrások rendszerbe illesztésében kulcsfontosságú szerepet játszhatnak. A helyzetet bonyolítja, hogy 2050-ig előretekintő forgatókönyvünk elektromos alapú közlekedéssel számol, vagyis a villamos áram felhasználásában ennek a szektornak meghatározó szerepe lesz – fontosabb, mint a csak hőenergia előállítására alkalmas hőszivattyúknak. Forgatókönyvünkben 2050-re 68,64 PJ villamos áram felhasználásával számoltunk. Ebből a közúti közlekedés villamosenergia-igénye (hidrogén és bioüzemanyag felhasználása mellett) 14,6 PJ-nak, a vasúté 9,3 PJ-nak adódik. A háztartások áramfogyasztása megközelíti majd a 14,9 PJ-t, a szolgáltató szektoré a 12,44 PJ-t – ez utóbbi két tétel egy része, becslésünk szerint legfeljebb 50%-a szolgálhat majd a hőszivattyúk üzemeltetésére. A fentiek alapján hazánkban a hőszivattyús potenciálja 2050-ben:

$$(E_1 + E_2) / 2 \cdot \text{COP} = E_{\text{POT}}$$

ahol E_1 és E_2 a háztartások és a szolgáltató szektor villamosenergia-fogyasztása 2050-ben;

a COP a hőszivattyúk leadott fűtőteljesítményének és teljesítményfelvételének az aránya;

E_{POT} (hőszivattyús társadalmi-gazdasági potenciálja 2050-ben) = **54,68 PJ**, ha COP=4; **68,35 PJ**, ha COP=5.

A fentiek alapján úgy véljük, hogy a jövőben a hőszivattyúk terén a kapacitás növelése fontos feladat, de azt egyfelől a mindenkori megújuló-alapú áramtermeléshez kell igazítani, másfelől össze kell egyeztetni a közlekedésben felmerülő villamosenergia-felhasználással. Forgatókönyvünkben a környezeti hő felhasználásának

csúcsidezőszaka 2035-2040, akkor 65 PJ energiát kellene a rendelkezésre álló három környezeti forrásból kinyerni. A fenti számítás alapján – némi technológiai fejlesztéssel – ez megvalósíthatónak tűnik. Reménykedésre adnak okot az elmúlt 5-10 év történései, amelyek eredményeképpen például ma már olyan levegős hőszivattyúk kerültek kereskedelmi forgalomba, amelyek akár téli üzemben (-15-20 °C-ig) is képesek megfelelő mennyiségű 50-60 °C-os meleg vizet szolgáltatni viszonylag magas, COP 3-3,5 mellett, így a tapasztalatok szerint teljes értékű és gazdaságos megoldást jelentenek akár nagyobb fogyasztók számára is. Az efféle rendszerek hidrotermikus változatának széles körű elterjedése lehetővé tenné, hogy akár a háztartásokban nagy mennyiségben keletkező hulladékhőt (fürdés, mosogatás, mosás) is hasznosítsuk, így a nagyobb hatásfok elérése sem jelent majd műszaki problémát.

Felhasznált irodalom:

Ádám B. – Kujbus A. – Kurunczi M. – Szanyi J. – Unk J. (2009): Javaslat a geotermikus energia hazai hasznosításának növelésére.

Ádám B. (2010a): Hőszivattyús földhőszondák méretezésének aktuális kérdései. CONSTRUMA-ENE0

Ádám B. (2010b): Hőszivattyús technológia és az elérhető KEOP támogatások. A hőszivattyús geotermikus energia termelés, hőhasznosítás hazai eredményei és lehetőségei. Energia Központ Nkft.

Bohoczky F. (2009): Energiapolitika, megújuló energia források hasznosítása, NFM

Büki G. (2010): Megújuló energiák hasznosítása. MTA, Köztisztületi Stratégiai Programok

Eurostat (2011): Energy Balance Sheets 2008-2009. Eurostat Statistical Books. 528 p. (letöltve: 2011. 07. 13.) http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-EN-11-001/EN/KS-EN-11-001-EN.PDF

GKM (2007): Magyarország megújuló energiaforrás felhasználás növelésének stratégiája 2007-2020,

Kujbus A. (2010): A földhőtermelés előnyös vonásai a hazai gazdaság fejlesztésében, Geotermia Expressz Mérnöki Tanácsadó Iroda Kft., MTET Szakmai Fórum, Hódmezővásárhely

Kurunczi M. (2010): Magyarország geotermikus energia hasznosításának cselekvési terv javaslata 2010-2020, MTET Szakmai Fórum, Hódmezővásárhely

Liebe P. (1982): Az ország egyes régióin, területrészein a geotermikus potenciál meghatározása – MFT tanulmány, OFGA T.17968

Liebe P. (2001): Tájékoztató. Termálvízkészleteink, hasznosításuk és védelmük – Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából készítette a VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete, Budapest 21.

Mackay, D. (2009): Sustainable Energy — without the hot air. UIT, Cambridge, 383 p.

Mayer R. (2008): European Heat Pump News. EHPA, issue 9/3,

Mádliné Sz. J. (2008): A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeli lehetőségei Magyarországon – Ajánlások a hasznosítást előmozdító kormányzati lépésekre. MTA, ELTE

Molnár G. (2010): A gázpiac helyzete a forrástól a fogyasztásig. MGE

Rezessy G. – Szanyi J. – Hámor T. (2005): Jelentés a geotermikus energiavagyon állami nyilvántartásának kialakításáról. Kézirat, MGSZ Budapest, p.82.

Szita G. (2009): Gyorsítás a magyarországi geotermikus energiahasznosításban – A bolyi példa. Magyar Geotermális Egyesület, Energoexpo

Tester, Jefferson W et al. (2006): The Future of Geothermal Energy. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts

Völgyesi L. (2002): Geofizika. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 346 p.

4.4.4. A szélenergia (Munkácsy Béla – Kneip Zsuzsanna)

2050-ig előretekintő energia-forgatókönyvünkben a villamos energia lényegesen fontosabb szerepet tölt be, mint napjainkban. A jövőben nem csak a háztartási eszközök révén, de az élet számos más területén, így a közlekedésben, sőt a hőszivattyúk révén a hőenergia-ellátásban is kulcsfontosságú tényezővé válik. Ez a két alkalmazási terület azért is kiemelkedő jelentőségű, mert az ezekben rejlő energiátárolási lehetőségek révén sokkal könnyebben lesznek a villamosenergia-rendszerbe illeszthetők az időjárásfüggő energiatermelési megoldások, így például a szélturbinák.

Ezek a berendezések az alacsony üvegházgáz-kibocsátást célzó stratégiákban, forgatókönyvekben rendre kiemelt szerepet kapnak – sőt ma már a gyakorlatban is egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert. A szélenergia az egész világon az egyik leggyorsabban bővülő technológia. Az Európai Unióban például 2009-ben 8484 MW új szélturbina-kapacitást építettek be, ezzel a technológiák sorában minden mást, így a 6932 MW-tal részesedő földgáz-üzemű berendezéseket is megelőzték (EWEA 2010). 2010-ben a növekedést még ennél is több, további 9295 MW-nyi új szélturbina biztosította – de az elmúlt tíz év kiemelkedőbb adatával előrukkoló földgáz-alapú technológiák (28 280 MW) és a soha nem látott mértékben előretörő fotovillamos kapacitás (12 000 MW) mögött a harmadik helyre szorult vissza (EWEA 2011).

Egyes kedvező adottságú térségekben (és itt a **szélklíma** és a **politikai szándék** által együttesen meghatározott adottságokra gondolunk) az áramtermelésből való részesedése már meghatározóvá vált. A Német Szélenergia Intézet legfrissebb kalkulációi szerint ez az arány 2010-ben már 4 német tartományban haladta meg a 40%-ot, sőt, a német Szász-Anhalt tartományban (ami nem a tengerparton, hanem az ország középső térségében található) eléri a 52,1%-ot (Ender, C. 2011)! A dán villamosrendszer-irányító honlapjának (www.energinet.dk) adatait elemezve az is kiderül, hogy Nyugat-Dániában (amely egyelőre a keletitől külön villamosenergia-rendszert alkot, és ahol ezek a turbinák nagyobb számban működnek) a szélerőművek az elmúlt években már rendszeresen az áramfogyasztást meghaladó mértékben termeltek villamos energiát – persze csak egy-egy néhány órás időszak erejéig. A lehetőségek tehát ígértesek, ám az elterjedést **hazánkban számos vélt és valós**

akadály nehezíti a villamosenergia-rendszerbe való integrálástól, az áramkereskedelem nehézségein át, a beruházásokkal kapcsolatos szabályozási feltételekig és a széklímáig. Jelen tanulmányunkban abból indulunk ki, hogy a szélerőenergia csak a természetvédelmi szempontok maximális érvényesítése esetén tekinthető fenn tartható energiatermelő megoldásnak, s forgatókönyvünkben ilyen megközelítésben kívánunk a felmerülő kérdésekre választ találni.

Magyarország technikai szélerőenergia-potenciálja

A szélerőenergia áramtermelésre való alkalmazásának története több mint 100 esztendőre nyúlik vissza, valóban ipari léptékben az 1980-es évek óta telepítenek szélerőműveket. A MW-os teljesítményű berendezések már az 1990-es évek végén a piacra kerültek. Ennek ismeretében legalábbis meglepő, hogy magyarországi kutatások mennyire nagy lemaradásban voltak (és vannak) ezen a téren. Például Vajda Gy. (1999) **elméleti potenciál** számítása szerint, ha képesek lennénk **a szélből származó összes energiát hasznosítani**, akkor ez 1.8 GW teljesítményt biztosíthatna Magyarország területén. Ezt az értéket összevethetjük az ugyanebben az évben (1999-ben) az egykori kelet-német tartományok (a hazánkéhoz hasonló területtel) 0,46 GW-os szélerőmű-kapacitásával, ami 2010-re már meghaladta a 11,6 GW-ot is (Ender, C. 2011) – vagyis egy nagyságrenddel többet, mint az 1999-es hazai technikai potenciál becslés.

Az alkalmazhatóság elméleti kereteinek meghatározásánál azonban esetünkben lényegesebb a valóságos lehetőségek feltérképezése. Így a legfontosabb kérdés véleményünk szerint az, hogy a jelenleg hatályos jogszabályok mekkora területre szorítják vissza a szélturbinák telepíthetőségét. E tekintetben elsősorban a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, másodsorban az Országos Lakás és Építészügyi Hivatal által kiadott tájékoztatókat tekintjük kiindulási pontnak. Az ezekben felsorolt kizáró tényezők térinformatikai feldolgozását és térképi megjelenítését az elmúlt években több megyére elvégeztük, így a rendelkezésre álló adatok alapján nagyságrendileg meg tudjuk határozni az ország egészére vonatkozóan a rendelkezésre álló terület nagyságát (Munkácsy B. 2010). Ha minden kizáró okot figyelembe veszünk, akkor kb. 5424 km², vagyis az ország területének ~5,8%-a marad fent a rostán. A jelenlegi technológia figyelembe vételével ekkora területen **~48800 +/-10% MW** kapacitású szélerőmű-rendszer volna kialakítható – ha minden lehetséges helyet erre a célra (is) használnánk. Az „is” ebben az esetben arra történő célzás, hogy – szemben a különféle erőművek többségével – a szélturbinák esetében a tájhasználat számos egyéb módja még nyitva áll, hiszen a gépek közötti terület nagyobb részét nem veszítjük el.

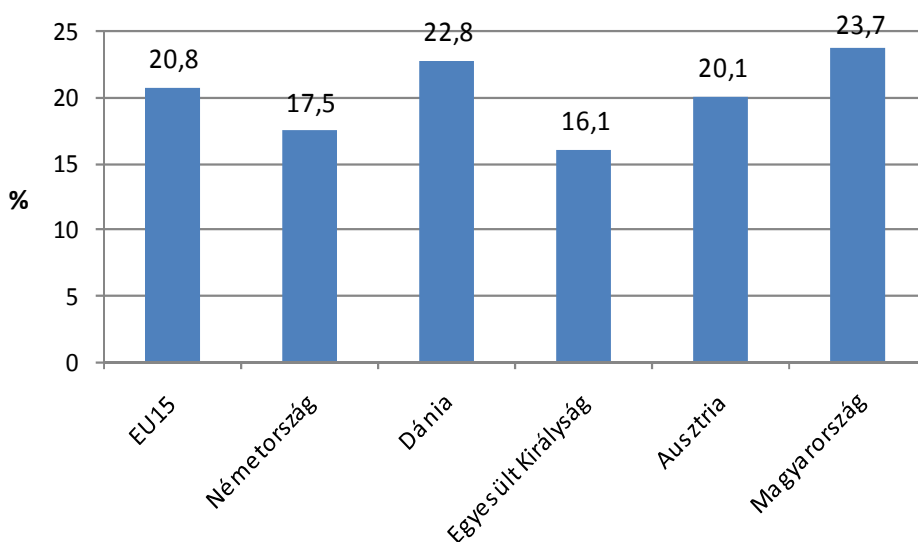
A jelenleg működő szélerőműveink üzemeltetési tapasztalatai alapján a fent megadott szélerőmű-kapacitás **370 PJ +/-10%** villamos áram előállítását tenné lehetővé. Forgatókönyvünkben tehát a fentiekben megadott két értéket tekintjük technikai szélerőenergia-potenciálnak.

Magyarország társadalmi-gazdasági szélerőenergia-potenciálja

A hazai tervezési dokumentumokban található adatokat összevethetjük a nemzetközi fejlődés tendenciáival is. Az elmúlt években végzett ilyen témájú vizsgálataink tapasztalataira alapozva úgy véljük, hogy az elemzés során olyan adatsorokra kell támaszkodni, amelyek az elérhető legnagyobb szélerőmű-kapacitást (vagyis hazánkra vetítve majd a potenciált) jelenítik meg. Elemzésünk első lépésben tehát ki kell választanunk azt a területet, amely méretében és természeti adottságaiban – így főként széklímája tekintetében – összevethető hazánkkal, ugyanakkor a szélerőenergia-alkalmazások tekintetében világviszonylatban is vezető szerepet vívott ki magának. Véleményünk szerint a legalkalmasabb terület erre az összehasonlításra Németország keleti térsége. Sok szakértő szerint hazánkban lényegesen kedvezőtlenebbek a szélviszonyok, mint kontinensünk nyugati térségeiben, így egy ilyen összevetésnek nincs alapja. Azonban a gyakorlatban a szélerőművek üzemelési mutatói (csúscski-használati óraszám, más megközelítésben kapacitásfaktor) ezt a vélekedést egyáltalán nem támasztják alá (38.

ábra). Sőt, a fejtörést inkább az okozza, hogy miképpen lehetséges, hogy míg az **EU15 átlaga a kapacitásfaktor tekintetében mindössze 20,8%** (Boccard, N. 2009), addig **hazánkban** a szélérőművek működési adatait legjobban ismerő MAVIR kalkulációiban ennél magasabb érték, **23,7%** jelenik meg (MAVIR 2011). Véleményünk szerint magyarázatul két indok szolgálhat. Egyfelől nálunk a szélenergetika 10-15 évvel fiatalabb, ami azt jelenti, hogy az itthon alkalmazott átlagos technológia korszerűbb, mint a nyugat-európai átlag. Másfelől az itthoni turbinák egyelőre csak a leginkább ideális területekre kerültek, ahol jó hatásfokkal képesek dolgozni, míg Európa nyugati térségében lényegében már mindenütt, a kevésbé alkalmas helyeken is telepítettek szélturbinákat, ami az átlagos hatásfok lerontását eredményezi.

A fentiek alapján úgy véljük, hogy a nyugat-európai, így a kelet-német adatokkal való összehasonlításnak igenis van létalapja. Lényeges, hogy még az sem torzítja az eredményeket, hogy Kelet-Németország északi, tengerparti része hazánknál kedvezőbb szélklímával rendelkezik, hiszen a tengertől távolabb eső tartományokat előnyben részesítő gazdasági szabályozás miatt ezek némelyikében jóval nagyobb szélturbina-kapacitás áll rendelkezésre, mint a tengerparti tartományban. Látnunk kell, hogy 1990 óta ebben a hazánknál alig 17%-kal nagyobb térségben 11 681 MW szélturbina-kapacitást telepítettek (Ender, C. 2011) vagyis az itt **a gyakorlatban elért eredmény éppen egy nagyságrenddel haladja meg a legmerészebb hazai elképzeléseket!**



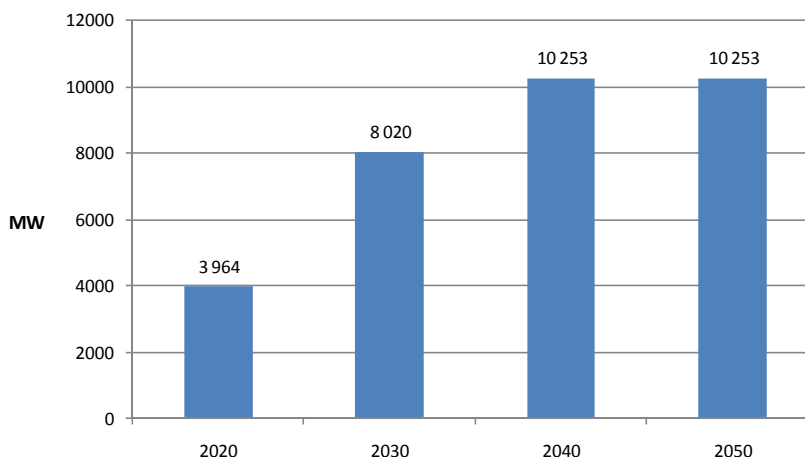
38. ábra: Néhány európai ország (Boccard, N. 2009) és hazánk (MAVIR 2011) szélérőműveinek átlagos kapacitásfaktora (%) a 2003-2007 közötti időszak, illetve hazánk esetében a 2010. év üzemeltetési adatainak alapján

10. táblázat: A szél erőművek főbb mutatói a kelet-német tartományokban (Ender, C. 2011)

Tartomány	Beépített szél- energia teljesít- mény 2011-ig (MW)	Részesedése a teljes villamosenergia-fogyasztásban (%)	Népesség (fő)	Terület (km ²)
Szász-Anhalt	3663,15	52,10	2 389 859	20 446
Mecklenburg- Elő-Pomeránia	1603,20	45,40	1 652 000	23 179
Brandenburg	4635,40	42,80	2 522 493	29 478
Tübingia	790,80	12,30	2 278 136	16 172
Szászország	987,37	8,50	4 192 700	18 415
Berlin	2,00	0,00	3 431 700	892
Összesen	11681,92	34,40 (területsúlyozással számolva)	16 466 888	108582

A táblázatban szereplő öt kelet-német tartomány és Berlin 2011-ig **1000 lakosra számítva 709 kW**-nyi szél-turbinát telepített. Ezt a fejlődést az elmúlt 20 év alatt érték el, tehát átlagosan 354 kW/1000 fő kiépítését érték el egy dekád alatt. Ha ezt átszámoljuk a magyar népességre, amely jelenleg 9 969 000 fő (KSH 2011), **14 144 MW kiépítését jelenti az elkövetkezendő 4 évtized folyamán**. Ha **területegységre** kalkulálunk, akkor a jelenlegi német értékek **108 MW szél-turbinát adnak 1000 km²-re**, ami 54 MW/1000 km² kiépítését jelenti 10 évre. Magyarország 93030 km²-ére **20 017 MW teljesítmény telepítését jelenti 2050-ig**. A hazai fejlődés akár ennél gyorsabb is lehet, hiszen Németországban is a második 10 évben nőtt radikálisan a turbinateljesítmény – ráadásul a technológia jövőbeni fejlődésével ez a tendencia tovább növekedhet.

A fentiek alapján **hazánk társadalmi-gazdasági szélenergia-potenciálját 14 144 és 20 017 MW közötti értékben**, vagyis 17 080 MW +/-17% értékben határozzuk meg. A Vision Hungary 2040 forgatókönyvben nem számoltunk a társadalmi-gazdasági potenciál teljes kihasználásával, hiszen a szoftveres elemzésünk alapján a 2040-2050 közötti időszakra **77,6 PJ szél-turbina-alapú villamos energiát kellene termelni, amit a jelenlegi eszközökkel a hazai szélviszonyok mellett 10 260 MW-nyi szél-turbina képes megtermelni**. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy ez az érték kisebb, mint a jelenlegi kelet-német szél-turbina-teljesítmény!



39. ábra: A szélerőművek összkapacitásának változása a Vision Hungary 2040 szerint

Tehát – a technológia fejlődésével nem is számolva – könnyen elérhetőnek és elképzelhetőnek tartjuk Magyarországon a szélerőművek olyan ütemű térnyerését, mellyel 2050-re a szélturbinák a villamosenergia-rendszernek hazánkban is meghatározó elemei lehetnek.

Magyarország program-potenciáljának értékelése a szélerőművekre vonatkozóan

A Magyar Villamos Művek hosszú távú elképzelései szerint (MVM 2006) 2030-ig mintegy 8000 MW új erőművi kapacitást kell megépíteni. Ebben 2025-ig 600-700 MW, 2030-ig 900 MW teljesítményben szerepelhetnek szélerőművek – amennyiben sikerül újonnan építendő szivattyús-tározós erőművekkel a rendszerbe illesztés nehézségeit kiküszöbölni. Ha nem, abban az esetben 500 MW körüli értéket tartanak elképzelhetőnek.

Megújuló energia stratégiánk a 2008-2020 közötti időszakkal foglalkozik (GKM 2008). Megállapításai szerint a szélerőművek 2020-ra a POLICY forgatókönyv szerint 1700 GWh áram termeléséért **970 MW** összesített szél-erőmű-kapacitás volna felelős. Érdekes egybeesés, hogy a Greenpeace 2020-ig ugyancsak 1000 MW szél-erőmű-teljesítmény elérését tartja reálisnak, és ennek érdekében kampányolt 2007-ben (Teske, S. et al. 2007). Számításaink szerint valamennyi fenti előrejelzés alábecsüli a szélerőművek magyarországi lehetőségeit. Véleményünk szerint 2020-ra – optimális esetben – **3800 MW** szél-erőmű-kapacitást lehetne elérni. Ez a jelenlegi kelet-német érték alig harmada!

A szélerőművek még a hazai, kevésbé kedvező szélviszonyok mellett is a villamosenergia-rendszer igen jelentős tényezője lehetne anélkül, hogy a természet- és tájvédelem érdekei sérülnének. Sőt, azzal, hogy súlyosan környezetromboló technológiákat válthatunk ki ilyen módon, a természetvédelem végeredményben komolyan profitálhatna a szél-erőművek elterjedésével (Munkácsy B. 2004). Ugyanerre hívta fel a figyelmet egyik tanulmányában a tekintélyes brit madarász szervezet, a Royal Society for the Protection of Birds (Bowyer, C. et al. 2009), amelyben a szél-erőműveket, mint a jövő energiarendszereinek legfontosabb elemeit mutatja be – azzal a meggyőzővel, hogy csak alapos területi tervezéssel érhetőek el ezen technológia kedvező környezeti mutatói.

Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a megoldás kulcsa hazánkban is egy olyan területi tervezés, amely első lépésben – a természetvédelmi és egyéb szempontok alapján – pontosan behatárolja a szélérőműves projektek számára egyáltalán tovább vizsgálható területeket. A beruházó pedig a második lépésben már csak ezek közül választva kezdeményezheti egy adott területre az engedélyezési eljárást (Munkácsy B. 2005).

Vizsgálataink alapján újrarendelendőnek tűnik a megyei és országos területrendezési tervek által meghatározott tájképvédelmi területek rendszere. Megyei szintű elemzéseink arra világítanak rá, hogy ezek egyes térségekben lényegében szinte totális korlátot jelentenek a szélérőművek számára. Az Ister-Granum Eurorégió magyarországi területén például a technikai szélenergia-potenciált a jelenlegi jogszabályok alapján gyakorlatilag 0 MW-ban határozhatjuk meg (Munkácsy B. – Borzsák S. 2008b). Csongrád megye esetében sem lényegesen jobb a helyzet, hiszen a megye 76,8%-a esik országos vagy megyei szintű tájképvédelem alá, így az egyéb védettségi kategóriák figyelembe vételével alig 2%-nyi területen érdemes az engedélyezési eljárásba belekezdeni.

Felhasznált irodalom:

Archer, C. L. – Jacobson, M. Z. (2005): Evaluation of Global Wind Power. – in: Journal of Geophysical Research – Atmospheres, Vol. 110, D12110

Boccard, N. (2009): Capacity Factor of Wind Power – Realized Values vs. Estimates. Energy Policy 37 (2009): 2679-2688.

Bohoczky F. (2003a): Megújuló energiaforrások helyzete az EU-ban és Magyarországon – www.gkm.hu (2004. 04. 11.)

Bohoczky F. (2003b): Realitások a megújuló energiaforrásokból termelhető villamosenergia-termelés területén. – Energiafogyasztók Lapja, VIII. évf. 2. szám, 2003. június, pp 18-19.

Bowyer, C. et al. (2009): Positive Planning For Onshore Wind – Expanding Onshore Wind Energy Capacity While Conserving Nature. A report by the Institute for European Environmental Policy commissioned by the Royal Society for the Protection of Birds, 57 p.

Dansk Energi (2009): Danish Electricity Supply 2008, Statistical Survey, 60 p.

Dudás N. (2009): A szélenergia-hasznosítás lehetőségei Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. kézirat, 8 p.

EC (1992): A fenntarthatóság felé – Az Európai Közösség 5. Környezetvédelmi Akcióprogramja, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium 1997, pp.143-145

Ender, C. (2011): Wind Energy Use in Germany - Status 31. 12. 2010. – in DEWI Magazin, Deutsches Windenergie-Institut, Wilhelmshaven, 38; pp. 36-48

EWEA (2010): Wind in Power – 2009 European Statistics. European Wind Energy Association, 9 p.

EWEA (2011): Wind in Power – 2010 European Statistics. European Wind Energy Association, 11 p.

GKI (2003): Az új energiakoncepció alapkérdései – Az állam szerepe a liberalizált energiapiacra, GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft., 2003

GKM (2007): Magyarország megújuló energiaforrás felhasználás növelésének stratégiája 2007-2020. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium, Budapest. 82 p.

GKM (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. Budapest, 99 p.

Hunyár M. (2004): A szélenergia potenciál hasznosítását korlátozó tényezők Magyarországon, Magyar Energetika, No. 4, pp. 3-10,

Hunyár M. - Veszprémi K. - Szépszó G. (2006): Újdonságok Magyarország szélenergia potenciáljáról. Magyarországi szél és napenergia kutatás eredményei, Országos Meteorológiai Szolgálat, pp. 94-113, Budapest.

Kása I. (2009): Szélturbina telepítésre alkalmas területek Pest megyében. kézirat, 22 p.

Kovács G. (2009): Hova tervezzünk szélerőművet? Jogszabályi korlátok és technikai potenciál. 2. Poszter. Környezet és Energia Konferencia, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen

KvVM-TVH (2005): Tájékoztató – A szélerőművek elhelyezésének táj- és természetvédelmi szempontjairól. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 26 p.

MAVIR 2011: A magyar villamosenergia-rendszer adatai 2010. 17 p. web: http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=bfd0a8f9-6ef4-4bcd-bf70-bf9d955b2c9d&groupId=10258

MEH (2006): A szélenergiából villamos energiát termel erőművek engedélyezése. Magyar Energia Hivatal, Budapest, 5 p.

MEH (2009): A magyar villamosenergia-rendszerbe illeszthető szélerőművek mennyisége. Magyar Energia Hivatal, Budapest, 28 p.

Munkácsy B. (2004): A szélturbinák alkalmazásának természetvédelmi vonatkozásairól. in: Madártávlat 11. 1. pp. 15-17.

Munkácsy B. (2005): Paradigmaváltást az energiagazdálkodásban. in: Energiagazdálkodás, 46. 6. pp. 21-22.

Munkácsy B.-Kovács G.-Tóth J. (2007) Szélenergia-potenciál és területi tervezés Magyarországon. In.: Orosz Z. - Fazekas I. (szerk.): Települési Környezet Konferencia. Debrecen. pp. 254-259. ISBN 978-963-473-101-6

Munkácsy B. – Borzsák S. (2008a): Szélenergia-potenciálok Komárom-Esztergom megyében - összegző kutatási jelentés. Kézirat 5 p.

Munkácsy B. – Borzsák S. (2008b): A szélenergia-potenciálok az Ister-Granum Eurorégió magyarországi területén - összegző kutatási jelentés. Kézirat 6 p.

Munkácsy B. (2010): A területi tervezés szorításában - A szélenergia-hasznosítás hazai lehetőségei. in: Területfejlesztés és Innováció 4. 2. pp. 20-27.

MVM (2006): Magyarország Energiapolitikai Tézisei 2006-2030. A Magyar Villamos Művek közleményei különszáma, XLIII. évfolyam, 68 p.

OLÉH (2004): Az Országos Lakás- és Építésügyi Hivatal tájékoztatója a szélkerekek – szélerőművek – szélerőműparkok telepíthetőségéről. Budapest, 3 p.

Stróbl A. (2009): A MAVIR Zrt. 2009. évi forrásoldali kapacitástervének aktualizálása és az ehhez kapcsolódó kiegészítő tanulmányok és vizsgálatok készítése. Budapest, 73 p;

Székely Á. (2009): Szélerőművek telepíthetősége Borsod-Abaúj-Zemplén megyében – kézirat, 9 p.

Teske, S. et al. (2007): Energia[forradalom] – A fenntartható energiagazdálkodás lehetőségei Magyarországon a 21. században. Greenepace, Magyarország, 56 p.

Tóta A. (2009): A szélenergia-termelés lehetőségei Dél-Alföld megyéiben - szakdolgozat. Kézirat

Tynkkynen, O. (2009): Government Foresight Report on Long-term Climate and Energy Policy: Towards a Low-Carbon Finland, Prime Minister's Office, 188 p.

Vajda, Gy., 1999: Energiaforrások. Magyar Tudomány, 6., pp. 645–675.

VÁTI (2007): „Szélkerekek elhelyezhetősége – a kizárt területek térinformatikai behatárolása” Vizsgálati dokumentáció, 25 p.

Wieżsäcker, E. – Lovins, A. B. – Lovins, L. H. (1997): Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use.

4.4.5 Vízenergia (Sáfián Fanni)

Hazai potenciál és termelés

Általánosságban elmondható, hogy a hazai földrajzi adottságok nem kedveznek a vízenergia nagyarányú felhasználásának, elsősorban folyóink kis esése miatt. A meglévő adottságok átgondolt és fenntartható léptékben való hasznosítása azonban rendkívül kedvező lehetőséget kínál, hiszen szinte folyamatosan szolgáltat üzemanyag és közvetlen kibocsátás nélküli megújuló energiát, kiforrott és hosszú életű technológia felhasználásával.

A vízenergia napjainkban nem tartozik a legfontosabb hazai megújuló energiaforrások közé, történelmünk során azonban hagyományosan nagy jelentőséggel bírt. Az 1873-ban működő csaknem 25 ezer malomból több mint 17 ezer vízimalom volt, emellett a vízerőművek még igen fontos szerepet játszottak a villamosenergia-termelés kezdetén (Kádár P. 2011).

Ma azonban a teljes magyarországi villamosenergia-fogyasztásból csupán 0,25%-kal részesedik a 38 hazai vízerőmű. Összes teljesítményük kb. 50 MW (Energia Központ 2011), így évente 175-210 GWh villamos energiát állítanak elő (Eurostat 2011). A vízenergia-termelés 10%-át számos törpeerőmű, 90%-át a négy legnagyobb erőmű adja, melyek Kiskőrén (28 MW), Tiszaöldön (11,5 MW), Kesznyétenen és Ikerháron működnek (Energiaklub 2010).

Magyarországon a vízenergiával termelhető elméleti potenciál a Kárpát-medence potenciáljának 5%-a, kb. 7500 GWh/év, ami nagyjából 1400 MW teljesítménynek felel meg (11. táblázat). Az ebből hasznosítható műszaki potenciál nagyságrendileg 1 GW, ami kb. 4500 GWh villamosenergia-termelést jelentene évente

(Energia Központ 2011) (Szeredi I. – Alföldi L. – Csom G. – Mészáros C. 2010). Azonban a teljes műszaki potenciál sem teljes mértékben kihasználható, hiszen az indokolatlanul magas költségekkel és természetátalakítással járna. A társadalmi-gazdasági potenciálról azonban még nem állnak rendelkezésre becslések.

11. táblázat: Magyarország vízenergia potenciálja Szeredi I. et al. (MTA 2010) és az Energia Központ (Energia Központ 2011) számításai szerint (saját kiegészítéssel)

	Forrás	GWh/év	PJ/év	MW
Elméleti potenciál	MTA	7446	26,8	-
	EKP	7480	26,9	1400
Technikai potenciál	MTA	4590	16,5	1000
	EKP	4500	16,2	1060
Társadalmi-gazdasági potenciál	MTA	-	-	-
	EKP	-	-	-

A potenciál eloszlása a folyóink vízhozamával arányos, és mivel az összes vízhozam kétharmada-háromnegyede a Dunára, 10-15%-a a Tiszára esik, a potenciálok is hasonlóképpen alakulnak (Energia Központ 2011) (Szeredi I. – Alföldi L. – Csom G. – Mészáros C. 2010). A jelenlegi hasznosítás területi eloszlása azonban nem ezt követi. A Dunán – a Kvassay-zsilip meglehetősen ritkán üzemelő 2x920 kW-os turbinái kivételével – nem működik vízerőmű, ezzel szemben a Tiszán található a két legjelentősebb erőmű, a Dráván, a Rábán, a Hernádon és mellékfolyóikon pedig – ahol a törpeerőműveink többsége található – összességében a potenciál 14%-a hasznosul (Energia Központ 2011).

A vízenergia-felhasználás fejlesztésének lehetőségei

Bár a technikai potenciálhoz képest a mai vízenergia-termelő kapacitás annak csak töredékét teszi ki, nem számolunk a vízenergia-felhasználás drasztikus növelésével. Ennek egyik fő oka, hogy a potenciál döntő része a Dunán lenne kiaknázható, ez azonban közepes vagy nagy (10 ill. 100 MW feletti) vízerőművel lenne megvalósítható, amelynek azonban jelentős hatása lenne a Duna vízi ökoszisztémájára és környezetére is. Az ilyen nagy természetátalakítással járó, nagyobb vízerőművek építésének azonban nincs realitása hazánkban.

Lehetőség van azonban a meglévő duzzasztók átalakítására, a kis folyami erőművek kapacitásának bővítésére illetve törpeerőművek építésére vagy rekonstrukciójára. Érdemes lenne megvizsgálni a hajómalomok újbóli használatának lehetőségét is, hiszen ezekkel minimális természetátalakítással hasznosíthatnánk nagyobb folyóink energiáját. További vizsgálandó lehetőség a mederfenékre elhelyezhető átáramlásos turbinák használata, mellyel a nagyobb folyóink energiáját nagyobb természetátalakítás nélkül is hasznosítani lehetne. Duzzasztó átalakítására példa a Sión működő törpeerőmű, melyet 2009-ben állítottak üzembe. Mivel egy már meglévő duzzasztóba építették, nem járt természetátalakítással, viszont 40 kW-os névleges teljesítményével évi 180 000 kWh villamos energiát termel, ami kb. egy 400 fős település energiaellátásának felel meg (Zöldtech 2009).

További lehetőséget nyújt meglévő létesítmény átalakítására a Dunakiliti Duzzasztómű, amely 20-25 MW-nyi teljesítmény beépítésére alkalmas új építmény nélkül, és amellyel a jelenleg érkező vízmennyiségből évi 150-180 GWh villamos energia lenne nyerhető. Az erőművi hűtővizek élővízbe való visszavezetésénél azok mozgási energiájának felhasználása is kiaknázatlan energiaforrásokat jelent. Ez például a Paksi Atomerőmű esetén 7-8 MW teljesítménnyel évi 50-55 GWh/év energia termelését teszi lehetővé, míg a Dunamenti Erőmű esetében 1,5 MW kapacitást jelentene a már meglévő kiserőmű revitalizálása. Ugyancsak új építmény nélkül lenne kihasználható a Békésszentandrás Duzzasztóműn átfolyó víz energiája, mely 4 MW teljesítmény beépítése esetén évi 12-14 GWh energiát termelhetne (Szeredi I. 2009a).

Új vízerőmű építésére már sokkal ritkábban találunk példát. Legutóbb a nicki duzzasztómű mellé, a Rábára épült kenyéri vízerőművet adták át 2009-ben; ilyen esemény 30 éve nem történt Magyarországon. Kétszer 771 kW teljesítményével évi 9 millió kWh-t termelhet, amellyel egy 3500-4000 fős települést láthat el energiával. Az erőmű fenntarthatónak mondható, hiszen minimális környezeti károkat okozott építése, az ökológiai ártárthatóságot pedig hallépcsővel biztosítják (KvVM 2009).

Az utóbbi években hosszan elhúzódó szakmai vita folyt és zajlik jelenleg is egy hazai szivattyús víztározó szükségességéről és megvalósítási lehetőségéről. Ugyan ez esetben nem energiatermelő, hanem -tározó létesítménnyről van szó, fontosnak tartjuk megemlíteni, hiszen nagyban segítheti a szakaszosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrások rendszerbe integrálását. Figyelembe véve azonban a lehetséges környezeti hatásokat (hiszen a megfelelő eséskülönbség általában természetvédelmi oltalom alatt álló területekre jellemző hazánkban), egy ilyen beruházást mindenképpen meg kell előznie a mindenre kiterjedő, alapos vizsgálatoknak (lehetőleg a rendszerirányító által) és az alternatív eszközök mérlegelésének, mint például a fogyasztóoldali igények befolyásolása (DSM), a fogyasztók/termelők érdekeltté tétele az energiatárolásban, bevonása a rendszeregyensúly biztosításába stb. (Zarándy P. 2008). Mindazonáltal 2011. augusztus elején kezdődött egy engedélyezési eljárás a Mátra DK-i részén építendő 600 MW teljesítményű tározó kapcsán, ahol első közelítésben a rendszer rendeltetésszerű működtetéséhez szükséges vízmennyiség látszik kérdésesnek.

Vízenergia-felhasználás jövőképünkben

Jövőképünkben az előbb említett lehetőségek és példák további megvalósításával fejlesztenénk a hazai vízenergia-felhasználást. A fenntarthatóan, kisléptékben megvalósítható társadalmi-gazdasági potenciált 2 PJ-ra becsültük (0,55 TWh/év). 2050-ig ezt 80%-ban látjuk hasznosíthatónak (12. táblázat). Ez körülbelül 100-110 MW kapacitásnak felel meg, vagyis a jelenlegi teljesítmény kétszerese működhet 2050-ben. Tekintve, hogy csak a már ma meglévő létesítmények átalakításával akár 40 MW kapacitást nyerhetnénk (Szeredi, 2009a), 2050-ig ez a cél reálisan megvalósítható, de mégis fenntartható vízenergia-termelést jelent, amelyben jelentős szerepe lesz majd a kis- és törpeerőműveknek, átáramlásos turbináknak és akár hajómalmoknak is.

12. táblázat: Vízenergia-termelés és fejlesztése Magyarországon a szerzők forgatókönyve szerint (2011)

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A potenciál százalékában	42,3	42,3	42,3	42,3	55,0	65,0	75,0	80,0	80,0	80,0	80,0
PJ	0,83	0,72	0,85	0,85	1,10	1,30	1,50	1,60	1,60	1,60	1,60

Felhasznált irodalom

Energia Központ (2011): Vízenergia-hasznosítás. (letöltve: 2011. 04. 18.)
<http://www.energiakozpont.hu/vizenergia-igy-mukodik>

Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ (2010): Vízenergia. (letöltve: 2011. 04. 20.)
<http://www.energiaklub.hu/hu/megujulok/alapinfo/restechnologiak/#viz>

Eurostat (2011): Renewable energy primary production: biomass, hydro, geothermal, wind and solar energy. (letöltve: 2011. 04. 18.)
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do;jsessionid=9ea7971b30db745fd73385e9446e95eae72852e86c90.e34RaNaLaxqRay0Lc3uLbNiNa30Ke0?tab=table&plugin=1&pcode=ten00082&language=en>

KvVM (2009): Szabó Imre zöld vízerőművet adott át a Rábán. (letöltve: 2011. 04. 20.)
<http://www.kvvm.hu/index.php?pid=1&sid=1&hid=2376>

Szeredi I. (2009a): A vízenergia hasznosításának szerepe és helyzete.– In: Reális Zöldek Honlap. 14 p. (letöltve: 2011. 04. 19.)
<http://realzoldek.weboldala.net/albums/userpics/10001/VIZENERGIA-munka.doc>

Szeredi I. (2009b): Szivattyús-tározós erőművek helyzete Magyarországon. Prezentáció; elhangzott 2009. 09. 10-én a Mosonyi Emil emlékfélén megnyitóján, az Energetikai Szakkollégium programja keretében. 87 p. (letöltve: 2011. 04. 18.)
http://www.eszk.org/content/archivum/2009/eloadas/szet_magyarorszagon.pdf

Szeredi I. – Alföldi L. – Csom G. – Mészáros C. (2010): A vízenergia-hasznosítás szerepe, helyzete, hatásai. Magyar Tudomány, 2010/8, pp. 959-978.

Zarándy P. (2008): Hozzászólás a szivattyús-tározós erőmű (SZET) vitához. –In: Magyar Elektrotechnikai Egyesüle Honlap. 3 p. (letöltve: 2011. 04. 18.)
http://www.mee.hu/files/images/Szivattyus__tarozos_eromu_velemeney.pdf

Zöldtech (2009): Törpe vízerőművet helyeztek üzembe a Sión. (letöltve: 2011. 04. 20.)
<http://zoldtech.hu/cikkek/20090603-kisvizeromu-a-Sion>

4.5 A Vision 2040 Hungary energia-forgatókönyv által felvázolt jövőkép (Munkácsy Béla – Sáfíán Fanni)

A fentiek eredményeképpen a számítógépes elemzés azt támasztja alá, hogy – egy optimális forgatókönyvet feltételezve – **hazánk egész energiagazdálkodása 2040-ig fenntartható pályára volna állítható**. Ennek az átalakulási folyamatnak három pillére van. Ebben a fejezetben ezeket tekintjük át vázlatosan.

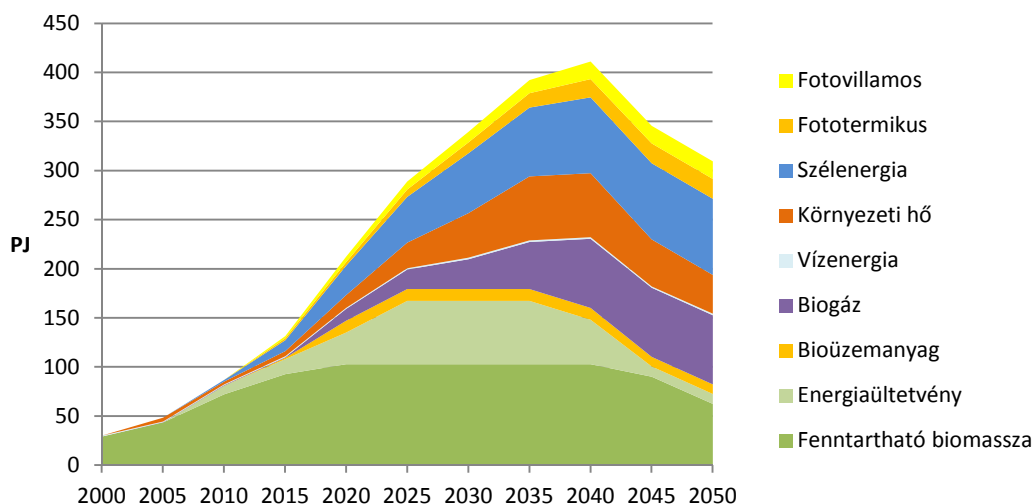
Hatékonyág és takarékoság

Az **egyik fő pillér az energiahatékonyság javítása**. Tekintettel arra, hogy egyes részterületeken már ma is reálisan megvalósítható akár a 10-szeres hatékonyságjavítás is, 30-40 év távlatában ebben a tekintetben egészen komoly fordulatra számítnak. A **másik pillér**, amire bizonyosan szükség lesz, az **energiatakarékosság**. Ez az a pont, ami a döntéshozók számára a legkevésbé elfogadható, hiszen ezzel lényegesen kevesebb szavazatot lehet a választásokon besöpörni, mint újabb autópályák építésének, vagy olcsó gázáraknak az ígéretével. Ugyanakkor tudomásul kell vennünk, hogy már egyszerűen **nem jut, de nem is jár** nekünk a természeti erőforrásoknak a korábbiakban megszokott mennyisége. Az is bebizonyosodott, hogy a hatékonyság növelése önmagában nem hozza meg a kívánt eredményt, a jövőben feltétlenül mértékletességet kell tanúsítanunk az energiaszolgáltatások (fűtés, közlekedés, melegvíz-használat, világítás) igénybevétele során. Az ebben rejlő potenciálok felmérésére ismereteink szerint még nemzetközi viszonylatban sem tettek kísérletet. Míg a hatékonyság vagy a megújuló energiaforrások potenciáljai jól számszerűsíthetők, addig a takarékoskodás esetében egyelőre nem találunk konkrét támpontokat. Így – elsősorban gyakorlati tapasztalatokra támaszkodva – csak nagyságrendjét tudjuk megbecsülni.

Forgatókönyvünkben a **két eddig említett pillér kapcsán együttesen ~27%-ra történő csökkenés** adódott 2050-ig az összes nettó energiaellátás adataiban, vagyis véleményünk szerint ezt a 2000. évi 1089 PJ-ról 2030-ra 543 PJ-ra, majd egy következő lépésben 2050-re 296,9 PJ-ra lehetne leszorítani. Az energiaforrások felhasználásának ilyen mértékű csökkentése szerintünk teljes mértékben reális elképzelés – vagy még inkább elvárás. Ezt támasztja alá az a hasonlóság, ami a korábban említett külföldi dokumentumok célértékeivel összevetésben megmutatkozik. A Zero Carbon Britain és a dán IDA-forgatókönyv szerzői egyöntetűen 55%-os csökkentést irányoztak elő 2030-ra – ez a százalékos arány az esetünkben éppen 50%.

Megújuló energiaforrások fenntartható használata

A fenntartható energiagazdálkodás **harmadik pillére a megújuló energiaforrások olyan módon történő igénybe vétele, amely a jelenlegihez képest lényegesen nagyobb figyelemmel van a természeti környezet elemeire**. Részben a legfrissebb szakirodalomra, részben saját térinformatikai alapú elemzéseinkre, és saját gyakorlati tapasztalatainkra támaszkodva határozottan ki merjük jelenteni, hogy a korábbi vélekedésekkel ellentétben, a megújuló energiaforrások igenis rendelkezésünkre állnak abban a mennyiségben, amire reálisan szüksége lehet egy fejlett technológiát ésszerűen alkalmazó társadalomnak. Forgatókönyvünkben a megújuló energiaforrások legnagyobb mértékű felhasználására **2040-ben** kerül sor, ekkor kissé meghaladja a **480 PJ-t** (az elsődleges termelésben, míg az összes nettó energiaellátásban 412 PJ) – modellünk szerint ekkorra volna lehetséges a fosszilis és atomenergia teljes kiváltása hazánkban. Ezt követően a hatékonyság további folyamatos javításának és a takarékoságnak az eredményeképpen a felhasználás mértéke csökken.



40. ábra: A megújuló energiaforrások az összes nettó energiaellátás tekintetében a Vision 2040 Hungary forgatókönyvben (PJ)

Forgatókönyvünkben a **villamosenergia-felhasználás jelentősége megnő**, ugyanakkor volumene lényegében nem változik. A felhasznált villamos energia mennyisége, annak ellenére, hogy – a radikális energiahatékonysági beavatkozások eredményeképpen – szerepe sokkal szerteágazóbb lesz, mint napjainkban, 2010-ben és 2040-ben egyaránt 117 PJ körüli mennyiségnek adódik, majd 2050-re 102,5 PJ-ra csökken.

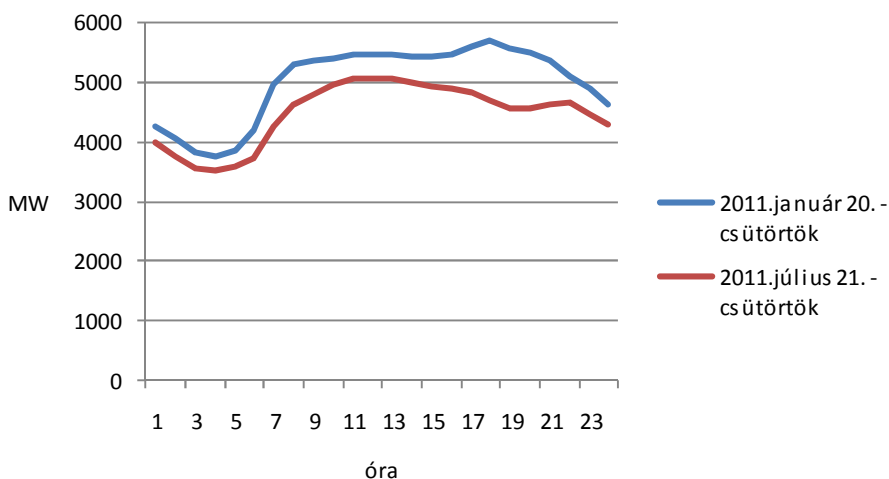
A jövőbeli villamosenergia-rendszer azonban jelentősen különbözhet majd a maitól. Forgatókönyvünkben még a jelenlegivel megegyező, egységes országos villamosenergia-rendszerrel számoltunk, dän energetikai szakemberek (Hvelplund, F.; Lund, H.) azonban egyetértenek abban, hogy a távoli jövőben nem lesz szükség a ma meglévő energiaszolgáltató óriáscégekre. A helyi megújuló energiaforrásokon alapuló, decentralizált rendszer alapegységei (háztartások, települések, ipari létesítmények) önmagukat képesek lesznek ellátni villamos energiával, a hálózat pedig inkább csak a fölösleggel való kereskedelemre szolgál majd. Ez az átalakulás azonban – csak úgy, mint a fosszilis energiaforrásokról való átállás – főleg gazdasági és politikai szempontból lesz majd „nehéz mérkőzés”, hiszen a meglévő, nagy gazdasági hatalommal bíró „fosszilis cégek” a végletekig fognak ragaszkodni az általuk preferált, elavult technológiákhoz. A fenntartható technológiák iparága ma hazánkban sajnos még messze áll attól, hogy megküzdjön elődjével és átvegye helyét, de a lehetőségek és egyre inkább a társadalom is az ő oldalukon áll – remélhetőleg a politika is így tesz majd.

4.6 Az energiarendszer egyensúlyban tartása – Balancing the energy system (Gunnar Boye Olesen)⁷

Az energiarendszerek alapvető követelménye, hogy a megtermelt összes energiamennyiségnek ki kell egyenlítenie az összes felhasznált energia mennyiségét és a rendszer energiaveszteségeit. E tekintetben az egyedüli kivételt az az energiamennyiség jelenti, melynek rövid távú tárolását a rendszer lehetővé teszi.

Minden „INFORSE Vision” esetében – így a magyarországi forgatókönyv készítésénél is – **éves energiaegyensúly számításokat** végeztünk. Ezek reprezentálják az egy évre vonatkozó átlagos fogyasztási adatokat, viszont nem tartalmazzák az évről-évre tárolódó energiamennyiséget. A gyakorlatban minden év végén marad egy meghatározott, de éves szinten változó energiamennyiség a rendszerben, mely a következő év elején felhasználható. Azonban a szcenárió egy olyan tipikus esetet ír le, melyben az év elején a rendszerben tárolt energia mennyisége pontosan megegyezik az év végi értékekkel. Ennél fogva a tartalékok nem játszanak szerepet az éves energiaegyensúly meghatározásában.

Azonban az energiarendszereknek nem csak éves, hanem havi, napi, órás, sőt másodperces bontásban is egyensúlyban kell lenniük. Az energiaigények változása napi, heti és éves ciklikusságot mutat. Az energiafogyasztás napi tipikus csúcsidőszaka a reggeli órák, a délelőtti munkaidő és az esti vacsoraidő. Az éves csúcs tipikusan a téli időszakra tehető, kivételt azok az országok képeznek, melyekben a légkondicionáló berendezések használata széles körben elterjedt. A hőenergia-igény a téli éjszakákon éri el csúcserőértékét.



41. ábra: A magyar villamosenergia-rendszer terhelése egy téli és egy nyári napon (az adatok forrása: www.mavir.hu)

⁷ Fordítás: Szabó Dániel és Munkácsy Béla

Néhány megújuló energiaforrás esetében a pillanatnyi teljesítmény folyamatosan változik. Ide tartozik például a szélenergia, a napenergia, és bizonyos esetekben a vízenergia (átfolyós rendszerű vízerőművek esetében). Néhány energiaforrás viszont tipikusan állandó teljesítménnyel dolgozik, ami ugyancsak jelenthet problémát – hiszen így nem összeegyeztethetők a szükségletek változásával. Ezek közül a legjellegzetesebb a geotermális és nukleáris energia. A harmadik csoportot alkotják a tározós vízerőművek, a gáz, olaj, szén és biomassza tüzelésű hőerőművek, melyek a változó igények biztonságos kielégítését hivatottak megoldani, a forrásoldal és felhasználói oldal különbségeinek áthidalásával. Azonban a vízenergia felhasználásának vannak környezeti határai (különösen a hazai domborzati- és csapadékviszonyok között), a fosszilis tüzelőanyagokkal illetve biomasszával üzemelő erőművek is véges erőforrásokat használnak fel, ezen felül alacsony hatékonysággal működnek és jelentős mennyiségű hulladékhőt termelnek (ez alól főleg a kis teljesítményű CHP erőművek jelenthetnek kivételt).

Az időben folyamatosan változó energiaigények és megújuló energiaforrásokból nyerhető energia mennyiségének változása, valamint a flexibilisnek nem mondható atomenergia nagy arányú használata (mint a magyarországi helyzet) esetén szükségessé válhat energiatároló kapacitások kiépítése. A villamos energia tekintetében szóba kerülhet például szivattyús-víztározók építése, ahol a völgyidőszakban termelődő többletenergia segítségével vizet szivattyúznak a kialakított tározókba, majd a csúcsidőszakban egy hagyományos vízerőmű módjára működtethető. A hőenergia esetén óriási hűthető-fűthető víztartályok jelenthetnek megoldást, míg gázok tárolására felszín alatti mesterséges tározók alakíthatók ki.

Egy másik módja a termelés és fogyasztás összehangolásának, egy, az energiaellátás változásaihoz igazodó fogyasztási szerkezet kialakítása. E rendszerben a szükségletek lehetnek valóságok, melyeket az energiatermelés csúcsidőszakához igazítanak. A fogyasztók tájékoztatásával és gazdasági szabályozókkal elérhető, hogy fogyasztási cikkek használatát arra az időszakra időzítsék, amikor az energiatermelés eléri a maximumát. Ennek automatizált megoldása is elképzelhető a jövőben. Már üzemi körülmények között is működnek úgynevezett intelligens energiarendszerek (okos hálózatok), ahol ilyen esetben elektromos impulzusokat küldenek az ugyancsak „intelligens” mérőóráknak és fogyasztóberendezéseknek, amelyek ezt dekódolva döntenek, hogy üzembe lépjenek-e – ezáltal a fogyasztó olcsó áramot használhat, a villamosenergia-rendszer pedig egyenletesebb terhelésnek van kitéve. Ennek analógiájára – csak lényegesen nagyobb léptékben – Svédországban már léteznek olyan üzemek, melyek a magas energiaárak által sújtott hetekben leállnak, nem termelnek.

Ugyancsak megoldást jelenthet a szakaszos termelés és fogyasztás problémájára, hogy a jövőben a **villamos energia** felhasználható lesz az elektromos járművek akkumulátorainak feltöltésére, vagy hidrogén termelésére – főként a hidrogén meghajtású járművek üzemeltetéséhez. Az autók élettartamuk döntő részét parkoló helyzetben töltik – hiszen átlagosan csak napi 1-2 órán át vannak üzemben. Ez idő alatt az intelligens energiahálózat dönthet az akkumulátorok feltöltésének optimális idejéről, figyelembe véve a sofőr előre meghatározott igényeit is. A hidrogén a jövőben kisebb-nagyobb tározókban tartható, ahonnan a fogyasztó igényei szerint lehet majd energiahordozót vételezni. A **hőenergia** hatékony termeléséhez és felhasználásához a hőszivattyúk segítségét tudjuk majd igénybe venni – hiszen néhány óra üzemidővel ezek is felhalmozhatnak annyi hőenergiát, hogy azzal pár órán át már gazdálkodni tudnak. Németországban létezik olyan speciális áramtarifa, amelyet kifejezetten olyan hőszivattyúk üzemeltetésére dolgoztak ki, amelyek esetében a fogyasztó a kedvező ár fejében tolerálja, hogy a szolgáltató az áramellátást akár napi egy-két órán át szünetelteti. Már Dániában is működik két olyan fűtőmű, amelyek hőszivattyúit kifejezetten a szél erőművek energiatermelésével hangolták össze.

Mindezek felül más lehetőségek is adódnak az energiatárolás és a tárolt energia felhasználása terén:

o Óriási méretű hőtárolók képesek a nyári időszakban elraktározott hőenergiát az őszi, vagy akár a téli hónapokig eltárolni. Néhány dán és német távfűtési rendszer esetében ezek már a gyakorlatban is működnek. Ilyen például a világ legnagyobb napenergiával működő fűtőműve, mely a dániai Marstal városát látja el hőenergiával, és a nyári-őszi periódusban teljesen kivált minden más hőforrást.

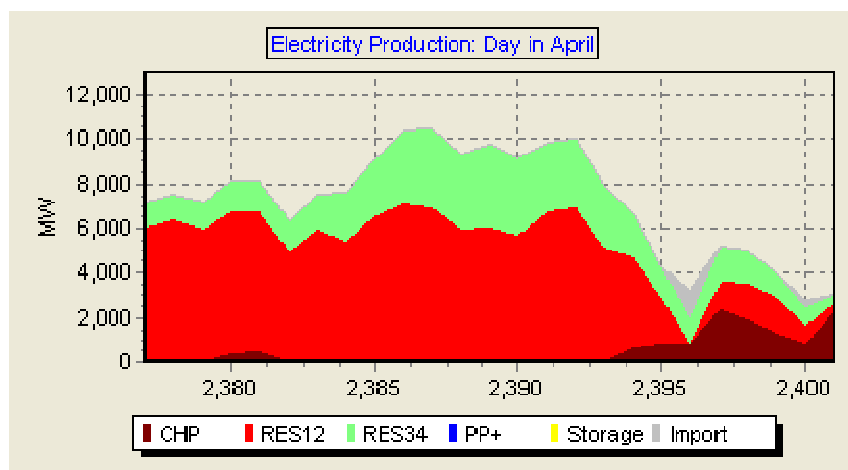
o A kogenerációs (áram- és hőenergia termelését párhuzamosan végző – CHP) erőművek alkotják a legnagyobb hatékonysággal működő erőművek csoportját. Azonban abban az esetben, amikor a hő- és villamosenergia-szükségletek nem egy időben jelentkeznek, szükségessé válik a hőenergia tárolása – ami Dániában már mindennapos gyakorlattá vált.

A **szélerenergia** nagyobb léptékű alkalmazásakor lehet szükség a villamos energia néhány napig történő tárolására. A tárolás mellett szükséges egy meghatározott méretű tartalék villamosenergia-termelő kapacitás kiépítése is, mely a hosszabb szélmentes időszakok esetén biztosíthatja az áramtermelést. E tartalékerőművek CHP gáz-erőművek lehetnek, gáztárolóval kiegészítve. A dán INFORSE Vision 2030 scenárió esetében a három napos forróvíz-tároló kapacitás optimális megoldásnak bizonyult – a modellbe olyan kombinált fűtési rendszereket illesztettünk be, amelyeknél a hőenergiát olyan hőszivattyúk adják, amelyek kogenerációs biomassa erőművekkel és szélturbinákkal szoros összhangban működnek.

A **fotovillamos napenergia** esetében szigetüzemben legalább egy napos tárolási kapacitás kialakítása szükséges, bár ma már ennél akár hosszabb távú tárolás is elképzelhető. Hálózatra kötött napelemes rendszerek esetében a termelés egyenetlenségét a hálózat egésze kezeli, a szükséges tárolókapacitást is a rendszer biztosítja.

Az INFORSE 100% megújuló energia scenáriói esetében az igények és szolgáltatások összhangját a tárolókapacitások optimalizálásával és a rugalmas fogyasztás meghonosításával kívánjuk elérni. Emellett a szomszédos országokkal való együttműködés is segítheti a rendszer működését, de forgatókönyveinkben nem számolunk a szuperhálózatokkal (supergrids), vagyis a nagyobb távolságról történő nagyobb mennyiségű áram importjával.

Például a **Dániára kidolgozott standard scenárió** esetében az első „100%-ban megújuló energiás évben” (2030-ban) a dán energiatermelés 78%-át változó termelékenységű energiaforrások adják: szélerenergia, a tenger hullámzásának energiája, napenergia. Egy másik, 10 000 MW helyett 14 000 MW szélerenergia-kapacitással számoló scenárió esetén pedig 92%-ot tesz ki ezen erőforrások aránya. Ezek a variációk – a számítógépes modellek tanúsága szerint – biomassa alapú CHP-erőművekkel, hőtárolókkal és a távfűtés nagy arányával, hőszivattyúk használatával, elektromos autók intelligens töltési rendszerével, hidrogéntermeléssel (mely esetében a felesleg tárolható), és a már létező nemzetközi hálózati kapcsolatok segítségével képesek egyensúlyban tartani a rendszert. Az **órás bontásban készülő modellek** szerint mind a standard, mind pedig a magasabb szélerenergia-aránnyal számoló scenárió megvalósítható. A 42. ábra egy olyan helyzetet mutat be, ahol a megújuló alapú erőművek teljesítményének hirtelen változása egy igen nehéz helyzetet teremt, és bemutatja azt is, hogy a standard scenárió energiarendszere ezt milyen módon képes kezelni.

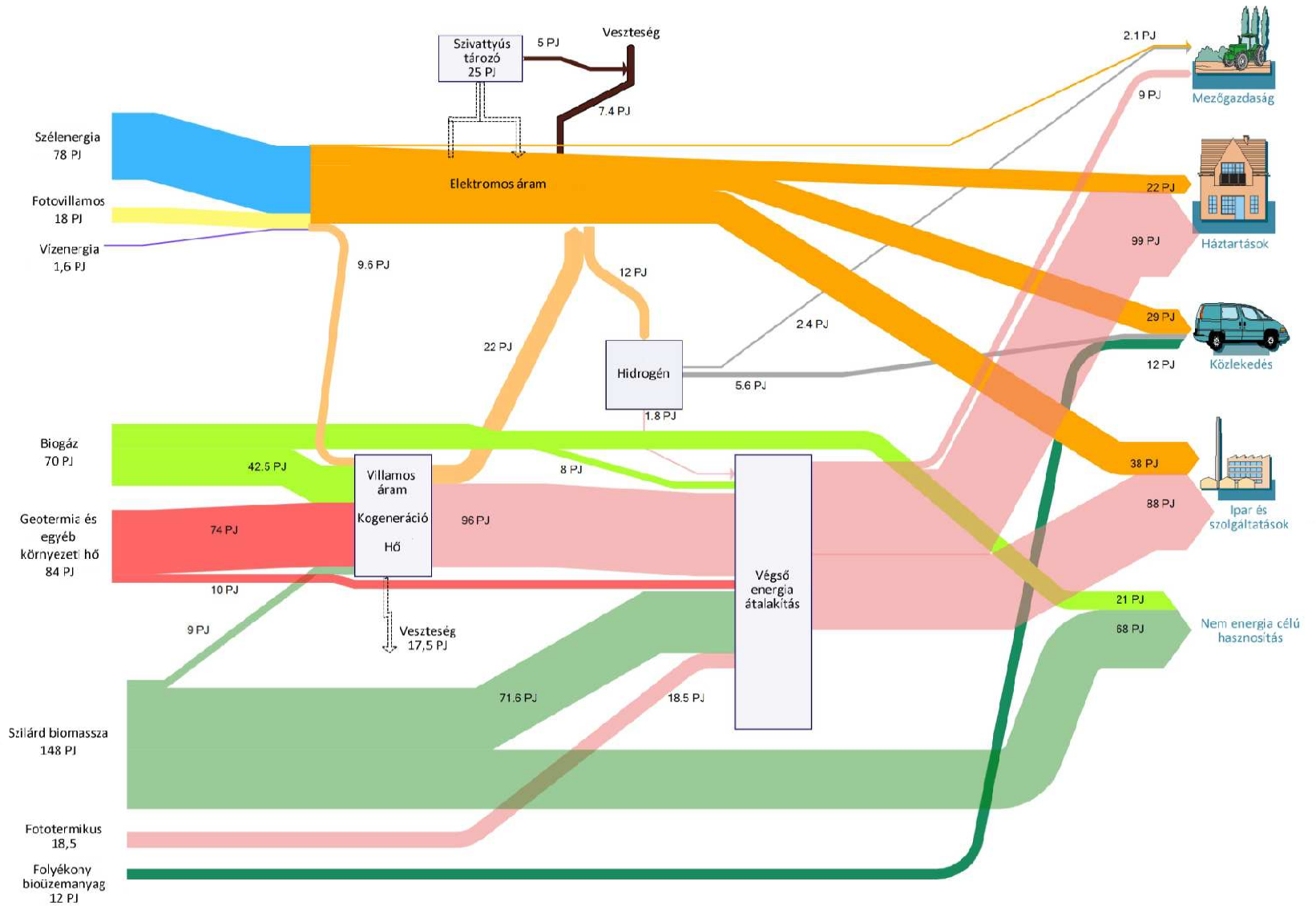


42. ábra: A villamosenergia-termelés alakulásának EnergyPlan szoftverrel készített számítógépes modellje egy áprilisi napon extrém terhelés-ingadozásokat feltételezve – a standard dán 100% megújuló energia 2030 Szenárió alapján

A szélenergia-termelés (piros) 6500 MW-ról szinte nullára zuhan négy óra leforgása alatt, míg a többi változó teljesítményű megújuló energiaforrás termelése 3500 MW-ról 500 MW körüli értékre esik vissza ugyanebben az időintervallumban. A rendszer ezt a zuhanást a CHP erőművek növekvő termelésével (sötét szín), az import növelésével (világosszürke), és a hőszivattyúk, illetve az export leállításával kezeli (az ábrán ez utóbbiak nem jelennek meg). Az X-tengely számai az év óráit mutatják.

Van néhány tárolási forma, amelyek használata nem széleskörűen elterjedt. A **magyar Szenárió** esetében az első „100%-ban megújuló energiás évben” (2040) a hazai energiatermelés **80%-át a szakaszosan működő** energiaforrások adják: szélenergia és napenergia. A magyar energiaigények órás bontású adatsorának hiányában a dán órás bontású elemzésekhez hasonlókat nem készülhettek el, de a dán Szenáriókhoz való hasonlóság miatt bizton állítható, hogy azonos intézkedések megtételével órás bontásban is biztosítható az energiaegyensúly Magyarország esetében is. A Magyarországra kidolgozott forgatókönyvben a flexibilis energiaigény kisebb arányú (2040-ben 38%) mint Dániában (2040-ben 45%), ennél fogva a flexibilitás más eszközökkel történő növelése volna szükséges, például szivattyús víztározók üzembe helyezésével, és/vagy az import-export jelentőségének növelésével. Magyarországnak szüksége lesz jelentős hőtároló-kapacitásokra is annak érdekében, hogy a CHP-k, geotermális erőművek és a fototermikus fűtőművek hőtermelését egyensúlyba hozzák az igényekkel.

Végezetül ismételtelen fontos aláhúznunk, hogy egy energiarendszer esetében szükségszerű, hogy az egyensúly másodpercről másodpercre töretlen maradjon. Ennél fogva például a szélenergia nagy arányú használata esetén szükséges, hogy a turbinák egy része kikapcsolható legyen rövidebb időszakokra, ezzel segítve a hőerőművek és szivattyús víztározók kiegyenlítő munkáját.



Az energia áramlásának folyamatábrája a Vision 2040 Hungary 1.2 forgatókönyv 2040-re vonatkozó állapota szerint (szerk: Olesen, G. – Pathanjali, A.). Megj.: a diagram csak a fő energiaáramokat tartalmazza. Hiányzik például a hőszivattyúk által közvetlenül a fogyasztóknál kinyert környezeti hő vagy a távfűtési rendszerek

5. A forgatókönyv megvalósítását befolyásoló tényezők (Munkácsy Béla)

Energia-forgatókönyvünk egyfajta „best case scenario”, amelyben azt feltételeztük, hogy a szabályozás rendszere a továbbiakban nem akadályozza, hanem kifejezetten segíti a – véleményünk szerint – elkerülhetetlen változások megvalósítását. Alapfeltételnek azt tekintettük, hogy a jelenlegi jogi és gazdasági szabályozási struktúrát felváltja egy friss szemléletű rendszer, amely minden más elé a környezeti fenntarthatóság szempontjait helyezi.

Gyakorta felmerül az a kérdés, hogy vajon mennyibe fog kerülni ez az átalakítás, és ki fogja ezt a hatalmas költséget finanszírozni. Ennek kapcsán több lényeges szempontot ajánlunk mérlegelésre. Egyfelől az energia-rendszer pusztá működtetése is költségekkel jár, hiszen az erőművek idővel elavulnak, cseréjük, ha tetszik, ha nem, elkerülhetetlen. A villamos vezetékhálózat elemei ugyancsak folyamatos karbantartást, bővítést igényelnek. A közlekedés eszközei is elavulnak, éppen úgy, ahogyan az épületek felújítása is időről időre szükségessé válik. Vagyis sok esetben itt valójában arról van szó, hogy az elkerülhetetlen kiadásokat az eddigi rendszer további finanszírozására fordítjuk-e, vagy a korszerűbb, környezetkímélő megoldásokba fektetjük a pénzünket.

Az értékrendünket is át kell szabnunk: kiadásaink megtervezésénél a környezeti szempontokat sokkal előbbre kell sorolnunk, és így például autóvásárlás vagy külföldi nyaralás helyett napkollektorokba, napelemekbe vagy hőszigetelésbe kell fektetnünk a megtakarításainkat. Vagyis saját magunk további kényeztetése helyett sokkal inkább gyermekeink jövőjét biztos – vagy legalább kevésbé ingatag – alapokra helyezni. Éppen ezért a kötet szerzői egy harmadik megközelítést is megfontolásra ajánlanak. A felmerülő kérdést nem úgy kell feltennünk, hogy vajon miből finanszírozzuk az átállással kapcsolatos kiadásokat, hanem sokkal inkább úgy, hogy **vajon a jelenlegi rendszer további fenntartása miatt a jövőben felmerülő drámai léptékű károk mentesítését hogyan fogja majd az emberiség finanszírozni.**

Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy az átalakulási folyamat nem lesz egyszerű. Bizonyosan számolni kell különféle akadályok felbukkanásával, így egyes kérdésekben a társadalom negatív válaszreakcióival, vagy az erőforrások szűkösségének problematikájával. Ebben a fejezetben az energetikai irányváltás tágabb környezetét mutatjuk be, és ennek keretében néhány olyan problémára is rávilágítunk, amely nehezítheti az átalakulást, illetve olyanokra is, amelyek segíthetik ezt a folyamatot.

5.1 Az energiafogyasztás, a tájhasználat és az éghajlatváltozás összefüggései (Waltner István – Gál Anita – Leidinger Dániel – Csoma Tamás – Munkácsy Béla)

Korunk társadalmának energiafogyasztása oly mértékben növekedett az elmúlt évszázadok, de különösen az elmúlt évtizedek során, hogy a szükségletek fedezése egyre nagyobb nehézségekbe ütközik. Jelenleg az emberiség teljes energiafelhasználásának jelentős részét olyan – túlnyomórészt fosszilis – energiahordozók biztosítják, amelyek készletei végesek, sőt várhatóan még ebben az évtizedben, vagy néhány évtizeden belül elérik a kitermelési csúcspontjukat. A növekvő fogyasztási igény miatt rövid időn belül nem lesz kielégíthető a társadalom energiaszükséglete. Emiatt napjainkban egyre gyakrabban merül fel a kérdés, hogy **kiválthatók-e, ill. ha igen,**

akkor mely megújuló energiahordozókkal, a fogyó fosszilis-, ill. nukleáris energiahordozó készletek? Azonban véleményünk szerint a helyzet ennél bonyolultabb, hiszen a természeti környezetünkben bekövetkező negatív irányú változások nem pusztán attól függenek, hogy milyen forrásból (fosszilis vagy megújuló) származik az energia, hanem attól is, hogy **az energiát milyen mennyiségben és mire használjuk fel.**

Az éghajlatváltozással foglalkozó kutatók többsége jelenleg azon a véleményen van, hogy az éghajlati szélsőségek növekedése elsősorban az üvegházhatású gázok légkörben való felhalmozódásának a következménye, melynek egyik fő okozója a fosszilis energiahordozók elégetése. Emellett figyelembe kell vennünk azt is, hogy **az ember által átalakított táj, és a tájhasználattal együtt változó felszínborítás szintén komolyan befolyásolhatja az éghajlat alakulását.** Hogy csak a legegyszerűbb összefüggést említsük, a megváltozott felszínborítottság legtöbbször megváltozott albedó értékkel párosul. Egy felület albedó értéke kifejezi, hogy a beérkező fény elektromágneses sugárzását milyen arányban képes visszaverni az adott felület. Minél nagyobb az albedó értéke, vagyis minél világosabb egy felület, annál kevésbé képes átvenni a besugárzás energiáját. Kísérleti modellek alapján ma már egyes kutatók úgy vélik, hogy mindennek jelentős szerepe van a globális éghajlatváltozásban is (Pielke, R.A. et al. 1990).

Az ember által megváltoztatott táj és az éghajlatváltozás összefüggéseire egy sajnálatos, ugyanakkor gyakori példa az erdők nagy területen történő elpusztítása, mely meghatározó a terület lokális éghajlatváltozásában. Az erdők nagy mennyiségű vizet, és szén-dioxidot kötnek meg, illetve a hőmérsékletet és a csapadék- és lefolyásvizonyokat kiegyenlítő tulajdonságokkal is bírnak, így kiirtásuk sokkal súlyosabban érinti a terület éghajlatát, mint az erdő eltűnésének pusztán az üvegházhatású gázok mennyiségére gyakorolt hosszabb távú hatása (Sivakumar, M.V.K. - Stefanski, R 2007). A növényzet eltávolítása miatt megváltozott tájon kisebb lesz a párolgás, amely a felhőképződést erőteljesen lecsökkenti, így megnövekszik a napsütéses órák száma, csökken a csapadék mennyisége és jelentősen csökken a talaj nedvességtartalma (Dickinson, R. E. 1991). Végeredményben egy olyan pozitív visszacsatolási effektus jön létre, ahol a lecsökkent csapadék és a megnövekedett felszíni hőmérséklet hatására a környező területeken erdő- és bozóttüzek jöhetnek létre, ami további erdőterületek megsemmisüléséhez vezet.

A talaj jelentősége a tájhasználat jövőbeni gyakorlatában

Ha nem csupán energiahordozók szintjén, hanem tágabb értelemben, **erőforrásokban** gondolkozunk, hazánkban kiemelt szereppel bír a **talaj és a víz**, mindkettő kulcsszerepet játszik a táj-klíma kapcsolatrendszerben (Várallyay Gy. 2008). A megújuló energiaforrások arányának növelése mellett figyelembe kell vennünk ezeket a „feltételelesen megújuló” erőforrásokat is, ugyanis a megújuló energiák nem megfelelő felhasználása ugyanúgy károsíthatja őket, mint a fosszilis üzemanyagoké. Nyilvánvaló, hogy az erdőre – és így a lefolyásvizonyokra, a talajpusztulás mértékére vagy a biodiverzitásra – gyakorolt hatás szempontjából mindegy, hogy a jövőben esetleg bioüzemanyagot vagy fosszilis eredetű benzint használnak a láncfűrészek működtetéséhez – ha végeredményben a rövid távú gazdasági érdekek a természetes környezet pusztulását idézik elő.

A fenti példához hasonlóan a **nem megfelelő mezőgazdasági gyakorlat** még akkor is káros, ha azzal a céllal folyik, hogy megújuló energiahordozót termeljen. Például **az iparszerű energetikai biomassza-termelés előretörése a talajok szervesanyag-tartalmának csökkenéséhez vezethet** – ha nem gondoskodnak a talajok szervesanyag-tartalmának fenntartásáról, így megfelelő mennyiségű biomassza talajba történő visszaforgatásáról.

A talaj egy olyan feltételelesen megújuló természeti erőforrás, egy olyan dinamikusan változó rendszer, amely az emberi élet és az ökoszisztéma fennmaradása szempontjából is pótolhatatlan funkciókat lát el. Leromlása gyors, míg képződése nagyon lassú folyamat (Várallyay Gy. 2003).

A talaj szerves anyagai befolyásolják a talaj biológiai jellemzőit, fizikai és kémiai tulajdonságait. A legtöbb mezőgazdasági művelés alatt álló talaj azonban kevesebb szerves anyagot (szerves szén) tartalmaz, mint amennyi tárolására alkalmas volna, hiszen az intenzív művelés eredményeképpen elvesztették szervesanyag-tartalmuk mintegy 25-75%-át (Németh T. et al. 2002; Lal, R. 2007). Számos tanulmány foglalkozik különböző földhasználati, talajművelési rendszereknek a szervesszén-tartalom növekedésére és megtartására gyakorolt hatásával. A szervesszén-tartalom növekedése a talajba visszajuttatott szerves növényi maradványok mennyiségének növelésével, illetve a bolygatás csökkentése révén a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésével érhető el (pl. direktvetés alkalmazásával) (László P. et al. 2004; Lal, R. 2004; Gál A. et al. 2007). Ez a talajban maradó szerves anyag főleg annak az aktív frakciónak a mennyiségét növeli, amely a humifikáció folyamata révén alakulhat át a hosszú távú szervesanyag-mérleg fenntartásában fontos stabil frakcióvá.

A braziliai terra preta területek talajtani vizsgálata nyomán kezdtek el kutatók a faszén/bioszén (angolul biochar) hosszú távú széntárolásra és talajminőségre gyakorolt hatásának vizsgálatával foglalkozni (Lal, R. 2008; Lehmann, J. et al. 2009). A **faszén** eredetileg erdőtüzek illetve égetés révén jutott a talajba növényi maradványok tökéletlen égése következtében. Az új fogalomként megjelent **bioszén** elnevezés arra a pirolizált szerves anyagra vonatkozik, amelyet kimondottan talajjavítási céllal állítanak elő modern körülmények között, zárt rendszerben. A mesterséges folyamathoz a mintát a terra preta talajokban található szénült szerves anyag megváltozása jelentette. Ennek felülete szerkezeti változásokon ment át a talajba kerülése óta eltelt évszázadok alatt, aminek következtében ezekben a talajokban megnőtt a felvehető tápanyag-tartalom és a biomaszatermelés (vagyis a termésmennyiség). A bioszén stabil szerkezetének köszönhetően ellenáll a mikrobiális lebontásnak is. Német és amerikai kutatások szerint a talaj szervesszén-készletének akár 35-45 %-át is kiteheti (Skjemstad, J.O. et al. 2002; Brodowski, S. et al. 2007). Vizsgálódásunk szempontjából különösen lényeges, hogy jelentősége a légköri szén-dioxid megkötésében és talajba juttatásában az eddig ismertnél jóval nagyobb lehet (Kuhlbusch, T.A.J. et al. 1995).

A Zero Carbon Britain kutatói szerint (Kemp, M. 2010) a tájhasználat és az étkezési szokások megváltoztatásával (kevesebb marha- és disznóhús, több növényi eredetű táplálék) lehetséges volna a brit mezőgazdaságban a jelenlegi 84 millió tonnáról éppen harmadára, 28 millió tonna/év körüli értékre szorítani az üvegházhatású gázok kibocsátását, ráadásul olyan módon, hogy eközben drasztikusan javítható volna az ágazat hozzájárulása a szén-dioxid megkötéséhez. Ez a jelenlegi 8 millió tonna helyett akár 68 millió tonna is lehetne évente, így a szigetország **mezőgazdasága** a jövőben – értékes gazdasági tevékenysége és népességmegtartó szerepe mellett – végeredményben **üvegházgáz-kibocsátó helyett jelentős nyelőként funkcionálhatna**. Konceptiójuk fontos eleme a faszenes talajjavítás, amely révén nemcsak a talaj szénraktározó funkcióját erősíthetjük, de ezáltal elérhető, hogy nagyobb mennyiségben kösse meg a szén-dioxidnál közel 300-szor erősebb üvegházhatású gázt, a N₂O-t is.

További hatásos szén-dioxid nyelőként funkcionálna az ún. agrárerdészet (agroforestry) elterjesztése, amely nem más, mint felszabdalt szántóföldek közti különleges sávok létrehozása, ahová fákat és cserjéket telepítenek (Gordon, A.M - Newman, S.M. 1997; Wolfe, M. 2004; 2009).

Alkalmazkodás a tájhasználatban

Az éghajlatváltozás hatásaiból hazai viszonyok között várhatóan az időjárási szélsőségek gyakoriságának és intenzitásának növekedése bír majd kiemelt szereppel, különös tekintettel a csapadék tér- és időbeli eloszlására (Láng I. et al. 2007). Mindez szükségessé teszi a vízgazdálkodás és a tájhasználat alkalmazkodását a megváltozott feltételekhez, mégpedig lehetőség szerint hosszú távon fenntartható, a környezetbe illeszkedő megoldásokkal. A nagy intenzitású csapadékok gyakoriságának növekedésével együtt növekszik az erózió veszélye, mely

akár rövid távon is leronthatja a talajok termőképességét. Éppen ezért fontos a megfelelő tájhasználat, az erózió által veszélyeztetett lejtős területek erdősítése, vagy ha ez nem megoldható, megfelelő agrotechnikai módszerek alkalmazása (pl. szintvonalas művelés). A fő talajdegradációs folyamatok az erózió, a szervesanyag-tartalom csökkenése, a tömörödés, a szikesedés, a földcsuszamlások, a szennyezés, a lefedés és a biodiverzitás csökkenése. A probléma súlyosságát jelzi, hogy csak a szervesanyag-tartalom csökkenése miatti veszteséget európai szinten évente mintegy 3,4-5,6 milliárd euróra becsülték 2002-re vonatkozóan (Commission of the European Communities, 2006).

A várhatóan hosszabb csapadékhányos időszakok elengedhetlenné teszik majd az öntözés, illetve a vízhíányt jobban tűrő növényfajták alkalmazását, figyelembe véve a táji adottságokat. Az öntözés vízigényei jelenleg bizonytalanul becsülhetők, de az öntözött területek aránya várhatóan hazánkban is növekedni fog (Helyes L. 2005).

Az aszálynak bizonyos tekintetben ellentéte a belvíz, amely Magyarországon a 2010. évben rekordszintű felszínborítást ért el, óriási kárt okozva a mezőgazdaságnak. A káresemények jól mutatták, hogy szükség van a hazai területi vízgazdálkodási rendszer fejlesztésére. Célszerű biztosítani ennek harmonizálását a hosszú távon fenntartható terület- és tájhasználattal, korszerű és rugalmasan használható technológiákkal, a használati egységek optimalizálásával és az intézményrendszer átalakításával (Nováky B. - Ligetvári F. - Somlyódy L. 2011).

A nem megfelelő tájhasználat és a szélsőséges csapadékvizonyok következtében várhatóan az árvizek gyakorisága és vízhozama is növekedni fog. Az árvizek tetőző szintjei növekvő tendenciát mutatnak (Szlávik L. 2001), így a töltések folyamatos magasítása önmagában nem jelent hosszútávon fenntartható megoldást. Az árterek és hullámterek területhasználatát egyeztetni kell az ökológiai szempontokkal is, így várhatóan megnő a mentett oldalra való kivezetések szerepe is (VKKI 2008, 2010).

Már az Európai Unió 2000-ben kiadott Vízkeretirányelve (2000/60/EK, 2000) is tükrözi, hogy egyfajta, a fentieknek megfelelő szemléletváltás megkezdődött, a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek pedig egyrészt erősítik az integrált vízgazdálkodást, másrészt követelményeket is támasztanak vele szemben.

Következtetés

Felül kell hát vizsgálni a már feltett kérdés helyességét, miszerint „**kiválthatók-e, ill. ha igen, akkor milyen megújuló energiahordozókkal válthatók ki a fogyó fosszilis-, ill. nukleáris energiahordozó készletek?**” Ha ugyanis a tájhasználati rendszerünket a természetes rendszerek működéséhez igazítjuk, a társadalom megélhetésének biztosításához a jelenlegi energiafelhasználásnál jóval kevesebb is elég. A kérdés – helyesen feltéve – tehát így szól: **Szükségünk van-e annyi energiára, amennyit ma elhasználunk?**

Amennyiben a jelenlegi tájhasználatunkat – így például vízgazdálkodási rendszerünket – a továbbiakban is fenntartjuk, az ugyanúgy a természeti környezetünk pusztulását, illetve annak rendszerszintű összeomlását fogja eredményezni – függetlenül attól, hogy azt fosszilis vagy megújuló energiahordozók segítségével tesszük. Ha viszont a tájhasználatot a táj eredendő működéséhez igazítjuk, akkor lehetőségünk van arra, hogy nem pusztán megőrizzük természeti környezetünket, de javíthatunk is annak állapotán. Emellett lényeges szempont, hogy a természettel együttműködő rendszerek fenntartása kevesebb energia felhasználását igényli, mint a természeti környezet törvényszerűségeit figyelmen kívül hagyó, „ellenműködő rendszereké” (Leidinger D. 2009). Ennek oka, hogy a természeti környezettel együttműködő rendszer folyamataihoz szükséges energiát maga a természet biztosítja, míg egy ellenműködő rendszer fenntartásához valahonnan többlet energiát kell bevonni. **Éppen ezért nem csak a jelenlegi tájhasználat fenntartásához nélkülözhetetlen fosszilis energiahordozók kiváltásán kellene fáradozni, hanem magán a tájhasználaton is kellene változtatni.**

Felhasznált irodalom:

- Brodowski, S. - Amelung, W. - Haumaier, L. - Zech, W. (2007): Black carbon contribution to stable humus in German arable soils. *Geoderma* 139:220-228
- Commission of the European Communities (2006): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC
- Dickinson, R. E. (1991) Global change and terrestrial hydrology: a review. *Tellus* 43 AB: pp. 176–181
- Gál A. - Vyn, T.J. - Michéli E. - Kladvík, E.J. - McFee, W.W. (2007): Soil carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard plowing overestimated with tilled-zone sampling depths. *Soil and Till Res.* 96: 42-51.
- Gordon, A.M - Newman, S.M. (1997): *Temperate Agroforestry Systems*, Wallingford: CAB International.
- Helyes L. (2005): Az öntözés szerepe, jelentősége *Scientific Journal on Agricultural Economics* 49/5.
- Kemp, M. (2010): *Zero Carbon Britain 2030*. Centre for Alternative Technology. 384 p.
- Kuhlbusch, T.A.J. - Crutzen, P.J. (1995): Toward a global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO₂ and a source of O₂. *Global Biogeochem Cycl.* 9: 491-501.
- Lal, R. (2004): Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 123: 1-22.
- Lal, R. (2007): Farming carbon. *Soil and Tillage Research*. 96: 1-5.
- Lal, R. (2008): Black and buried carbons' impacts on soil quality and ecosystem services. *Soil and Tillage Research*. 99: 1-3.
- Láng I. - Csete L. - Jolánkai M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- László P. - Gyuricza Cs. - Liebhard, P. (2004): Talajvédő gazdálkodás kukorica monokultúrában. A Magyar Talajtani Vándorgyűlés Kiadványa, Sopron. p.165-175.
- Lehmann, J. - Joseph, S. (2009): *Biochar for environmental management*. Science and technology. Earthscan.
- Leidinger D. (2009): Az ellopott energia – gondolatok az energiafogyasztásról és a fenntarthatóságról. In: *Az energiagazdálkodás és az emberi tényező* [szerk: Munkácsy B.]. Környezeti Nevelési Hálózat, pp. 12-23.
- Marmo L. (2008): EU strategies and policies on soil and waste management to offset greenhouse gas emissions. *Waste Management*. 28: 685-689.
- Mondini, C. - Sánchez-Monedero, M.A. - Cayuela, M. L. - Stentiford, E. (2008): Soils and waste management: A challenge to climate change. *Waste Management*. 28: 671-672.

- Németh T. - Michéli E. - Pásztor L. (2002): Carbon balances in Hungarian soils, In: Kimble, J.M. - Lal, R. - Follett, R.F. (Eds.) *Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil*, Chapter 43. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. p. 449-457.
- Nováky B. - Ligetvári F. - Somlyódy L. (2011): Területi Vízgazdálkodás In: Somlyódy L. (szerk.) (2011): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- Pielke, R.A. - Avissar, R. - Raupach, M. - Dolman, A.J. - Zeng, X. - Denning, A.S. (1998): Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate. *Global Change Biology* 4:461–475
- Sivakumar, M.V.K. - Stefanski, R. (2007): Climate and land degradation - an overview. In: *Climate and land degradation*. Springer, New York, pp 105–135
- Skjemstad, J. O. - Reicosky, D. C. - Wilts, A.R. - McGowan, J.A. (2002): Charcoal carbon in US agricultural soils. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1249-1255.
- Szlávik L. (2001): A Tisza-völgy árvízvédelme és fejlesztése In: *A földrajz eredményei az új évezred küszöbén* (Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2001. október 25-27.), Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged
- Várallyay Gy. (2003): Az ésszerű és fenntartható földhasználat tudományos alapja. *Geodézia és Kartográfia*. 55. (5) 3–11.
- Várallyay Gy. (2008): Talaj–víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. In: *Talajvédelem különszám. (Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza, 2008. május 28–29.)* 17–32. Talajvédelmi Alapítvány. Bessenyei György Könyvkiadó. Nyíregyháza.
- VKKI (2008): *Jelentés Magyarország jelentős vízgazdálkodási kérdéseiről*, Budapest
- VKKI (2010): *A Duna-vízgyűjtő magyarországi része. Országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv*. Budapest
- Wolfe, M. (2004): *Ecological Cropping Systems – An Organic Target*. Elm Farm Research Centre at Wakelyns Agroforestry, Suffolk.
http://www.organicresearchcentre.com/manage/authincludes/article_uploads/art012.pdf [Live: March 2010].
- Wolfe, M. (2009): The Organic Research Centre [personal communication], 8 September 2009
- 2000/60/EK, 2000. Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve, a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról.

5.2 Az externáliák szerepe (Szuhi Attila)

A jelenlegi helyzet

Az éghajlatváltozás elleni küzdelem során nem elegendő a technológiákat leváltani, de gondolkodási és viselkedési mintáinkon is változtatni kell. Az előttünk álló kihívások egy nagy és rendszerszintű probléma tünetei. A klímaváltozásnak, a biológiai sokféleség csökkenésének és a pénzügyi válságnak is közös gyökerei vannak. Ez a probléma pedig nem más, mint civilizációnk működése és az ezt alapjaiban meghatározó gazdaságpolitikánk. Ez a politika oda vezetett, hogy a legfőbb érték az anyagi jólét vált, ennek következményeként a pénz a legfőbb értékmérő. Társadalmunk értéket és mértéket veszített önző egyénekké hullott szét, ahol a gazdaság nem a társadalom, hanem a tőke igényeit elégíti ki, miközben figyelmen kívül hagyja a környezet korlátait és a korlátlan növekedésben hisz (Gyulai I. 2009).

A fenti okok rendszerszintű változtatása nélkül hosszú távon nem lehet eredményt elérni, ám az sem várható el, hogy a társadalmi gondolkodásmód egyik pillanatról a másikra megváltozzon. A cselekvés azonban sürgető kényszer, ezért szükséges egy köztes módszer bevezetése, amely a társadalom jelenlegi logikájából kiindulva teszi érthetővé a klímaváltozás kockázatait és teszi elfogadhatóvá a zero-karbon áttállás szükségességét.

Ez a módszer pedig nem más, mint a klímaváltozás és egyéb, az energiagazdálkodással kapcsolatos környezeti ártalmak által okozott károk nevesítése, számszerűsítése, pénzben való kifejezése, tehát az externália (vagyis a külső költség) fogalmának széleskörű alkalmazása, majd a károknak az okozókkal történő megfizettetése – végeredményben a problémának a szabályozásban való megjelenítése.

Civilizációnk formálásában ma döntő szerepe van a közgazdaságtannak, hiszen ez alakítja a gazdaságpolitikát, és ezen keresztül a társadalmat. Az éghajlatváltozás azonban egyedülálló kihívást jelent a közgazdaságtan számára is. Az éghajlatváltozás ugyanis a valaha létezett legnagyobb és legszélesebb körű piaci kudarc (Stern, N. 2006). A piaci kudarcok valójában azért fordulhatnak elő, mert a piaci szereplők önérdékkövető magatartásának vannak közösségre gyakorolt hatásai. A sokak önző cselekvése azonban olyan globális kihívás elé állította a közösséget, amely nem oldható meg másképpen, csak az önérdékkövető magatartás felfüggesztésével, és az externáliák számszerűsítésével, valamint a jóléti veszteség megszüntetésével.

Mindez azonban nem könnyű feladat, hiszen az externáliák mértéke és az érintettek köre sem könnyen meghatározható. Szerencsére azonban egyre gyarapszik azon kutatások száma, amelyek ezt a feladatot tűzték ki célul és az elemzések ma már képesek akár globális léptékben és hosszú időtávval is számolni.

Az első feladat a környezetterhelő fosszilis energiahordozóknak adott támogatás leépítése kell, hogy legyen. 2004-ben az Európai Környezetvédelmi Ügynökség szerint a fosszilis energiahordozóknak nyújtott támogatás mintegy ötszöröse volt a megújuló energiáknak adott támogatáshoz képest (Európai Bizottság, 2005). A helyzet globálisan még rosszabb: a londoni Bloomberg New Energy Finance kutatóműhely tanulmánya szerint a fosszilis energiahordozók támogatására 12-szer több forrás jut, mint a megújulókra. Ez egyértelműen megdrágítja a megújuló energiahordozókat a fosszilizsekkal szemben, holott a megújulóknak térnyeréséhez elengedhetetlen lenne a kormányzati támogatás, és nem csak gazdasági, hanem jogi és politikai szinten is.

A fosszilis energiahordozóknak nyújtott állami támogatások hazánkban is hasonló nagyságrendűek, elegendő itt csak utalni a lakossági gázár-támogatásra, vagy a szénipar támogatására. Hazánkban a szén felhasználásának támogatása többféle módon történik. A Márkushegyi szénbánya fenntartása 2004-2010 között 65,4 milliárd forintunkba került (Európai Bizottság, 2008). De az állam közvetve is támogatja a szénipart a mélyművelés esetén a bányajáradék elengedése, vagy a bányászok korkedvezményes nyugdíja, valamint a szénbányák rekul-

tivációjának állami támogatása révén – ez összesen éves szinten 10 milliárd Ft nagyságrendű kiadás (Pavics L.– Kiss K. 2009).

A kőolaj és földgáz esetében a legjelentősebb tétel a rendkívül alacsony bányajáradék, amely azon alapszik, hogy ezt eredendően az 1998-as kőolaj árak alapján állapították meg, holott azóta e tekintetben is drámai áremelkedés következett be. A bányajáradék korrekciójának elmaradása, mintegy 150 milliárd forintos közvetített támogatásként értelmezhető (Pavics L. – Kiss K. 2009). Hasonló tétel a lakossági gázár támogatás is, amely 2005-2010 között több mint 400 milliárd forintot emésztett fel (Budai A. 2006; Pavics L.– Kiss K. 2009). A sort lehetne folytatni a távhő-támogatással, a Paksi atomerőmű közvetett támogatásával, a fogyasztói hálózatfejlesztés díjjal, és sok egyébvel, ami azonban túllépne e kiadvány terjedelmi keretein. Azt azonban leszögezhetjük, hogy a fosszilis energiahordozóknak nyújtott állami támogatások éves szinten száz milliárd Ft-ot meghaladó nagyságrendűek.

Az anyagi támogatásokon túl ki kell hangsúlyozni azt is, hogy a fosszilis energiahordozók igen komoly környezeti és egészségügyi károkat okoznak – mint azt alább bemutatjuk. Ezeket a károkat és elhárítási költségeit a társadalom egésze fizeti meg, nem pedig annak okozói. Pavics és Kiss a korábbi évekre 160-280 milliárd forintra becsülte a fosszilis energiahordozók okozta externális költségeket éves szinten. A VAHAVA projekt ugyanerre hasonló nagyságrendű, 150-180 milliárd forintos költséget határozott meg (Pavics L.– Kiss K. 2009; Láng I. et al. 2007). A fosszilis energiahordozók helyett a megújuló energiák támogatása nem öncélú tehát, valójában a jelenlegi torz versenyhelyzet kompenzálására szolgál. Fontos hangsúlyozni, hogy a klímaváltozás megállítása érdekében megtett lépések haszna jóval nagyobb, mint azok költsége. Másképp fogalmazva, ha idejében lépünk, kiadásaink jóval kisebbek lesznek a klímaváltozás által okozott kárnál (Stern, N. 2006).

A jövő - a klímaváltozás által okozott károk

A klímaváltozás hatása várhatóan számos területen jelentkezik. Ezen hatások egy része pozitív, míg mások negatívak. Az eddigi kutatások alapján a döntően globálisan jelentkező káros hatások várhatóan meghaladják majd az inkább regionálisan jelentkező előnyös változásokat. Az alábbiakban röviden áttekintjük az éghajlatváltozás hatásait és utalunk azok társadalmi költségeire is.

Egészségügyi hatások

A klímaváltozás számos olyan rendszert változtat meg, amelyek hatással lehetnek az emberi egészségre, a megbetegedések gyakoriságára, vagy akár az idő előtti halálra is. Elsősorban az alábbi hatásokkal kell számolnunk:

- 1) hőstressz és hidegstressz;
- 2) paraziták és betegségek terjedése;
- 3) alultápláltság és vízhiány, valamint az ebből fakadó megbetegedések és konfliktusok;
- 4) légszennyezettség okozta egészségügyi problémák (a talajközeli ózon koncentrációjának emelkedése);
- 5) közvetlen sérülések (vízbetörések) és vízfertőzésből fakadó betegségek a tengerszint emelkedése miatt;
- 6) extrém időjárási események okozta sérülések (viharok, hurrikánok erősödése).

A fenti hatások költségeit nehéz megbecsülni, de az ExterneE projekt keretében végzett kutatások szerint, már 2 °C-os globális átlaghőmérséklet növekedés is, akár a GDP 5%-át elérő költségnövekedéssel járhat az egészségügyben. A legtöbb költség az alultápláltság és a vízhiány okozta megbetegedésekre lesz visszavezethető

(Eyre, N. et al. 1998). Magyarországon például a klímaváltozás hatásaként számolni kell a Lyme-kór gyakoribbá válásával, de megjelent már a nyugat-nílusi vírusfertőzés is és további kórokozók megjelenésével is számolni kell. Várható az allergiaszezon időtartamának kitolódása is, ami fokozott gyógyszerhasználatot eredményez és csökkenti a munkaképességet. A megnövekvő globálsugárzás miatt a melanoma gyakoribbá válásával is számolnunk kell – elsősorban a déli és keleti területeken (Páldy A. 2006).

Hazánk esetében a nyári hőmérsékletek és kiemelten a napi átlag és maximumhőmérsékletek emelkedésének eredményeként várhatók komoly egészségügyi következmények. Az Országos Környezetegészségügyi Intézet adatai szerint Budapesten 5 °C-os hőmérsékletnövekedés, mintegy 10%-kal növeli a halálozás relatív kockázatát is (Páldy A. 2006). A hatások sorolhatóak lennének tovább, mi itt csak a legfontosabbak kiemelésére törekedtünk. Noha hazánkra vonatkozóan mindeddig nem készült részletes kimutatás az egészségügyi hatások gazdasági kárait megbecsülendő, ám nyilvánvaló, hogy a járulékos kiadások (gyógyszerek), a megbetegedések miatt csökkenő vagy kieső termelés és végül a megbetegedések és halálozások becsült gazdasági kára együttesen jelentős költségekkel jár majd. Az ExternE program keretében végzett számítások szerint a volt szocialista országokban **évente mintegy 740 milliárdos kárral lehet számolni a klímaváltozással összefüggő egészségügyi hatások miatt** (Eyre N. et al, 1998).

Az agráriumban jelentkező károk

A klímaváltozás minden bizonnyal érzékenyen hat majd a mezőgazdaságra is. Ennek a hatásnak a becslése nagyon nehéz, hiszen az éghajlati elemek változása térben nagy változékonyságot mutat és e tekintetben regionálisan óriási különbségek lehetnek. Ráadásul az összefüggések feltárása sem könnyű. A korai egyszerűbb modellek csak a hőmérséklet és a csapadék változását vették figyelembe, sokszor túlbecsülve a károkat. A széndioxid koncentrációjának emelkedése ezt a képet ma már árnyalja, ráadásul kiderült, hogy az egyes növényfajták alkalmazkodása is erősen változik.

A mezőgazdaságban jelentkező externáliákra is igaz, hogy egy részük pozitív, más részük negatív. A különböző modellszámítások eltérő eredményeket adnak, átlagosan azonban **globális szinten a gabonatermés 1-8%-os visszaesését** becsülik a modellek, amely a GDP 0.5-5%-os csökkenését hozhatja maga után (Eyre, N. et al. 1998). Figyelembe véve a növekvő népességszámot és az ezzel párhuzamosan jelentkező terméscsökkenést, mindez drámai élelmiszerár-emelkedést és ebből fakadóan súlyos szociális feszültségeket eredményezhet.

A direkt terméshozam csökkenés mellett meg kell említeni a fokozódó erózióvesztélt, vagy a talajok elszikeseződését és egyéb a talaj termékenységében bekövetkező változásokat, amelyek lehetnek pozitívak és negatívak is. Így például a hatalmas kiterjedésű mezőgazdasági művelésre csak korlátozottan vagy egyáltalán nem alkalmas, jelenleg meglehetősen hideg éghajlatú területekkel rendelkező Oroszország és Kanada a mezőgazdaság szempontjából vélhetően nyertesei lesznek az éghajlatváltozásnak. Hazánkban jelenlegi ismereteink szerint a klímaváltozás hatásaként növekvő nyári átlaghőmérsékletre kell számítani. Az 1975-2004 közötti időszakban az ország teljes területén több mint 2 °C-kal emelkedtek a nyári maximumhőmérsékletek– és ez a tendencia várhatóan folytatódni fog. Méginkább aggasztó, hogy a modellek előrejelzése szerint a nyári időszakban a csapadék mennyisége mintegy 8%-kal fog csökkenni. (KvVM 2008)

Magyarország a kontinentális-déli agroklimatikus zónában található. A mezőgazdaságot tekintve itt a **fő rizikófaktorok a csapadékváltozás, az elemi károk növekedése, a terméshozam mennyiségi és minőségi csökkenése, az állattartásban pedig a hőstressz**. Az eddigi adatok alapján, Magyarországon a mezőgazdaság egyértelműen vesztese lesz az éghajlatváltozásnak: csökkenő terméshozamokra, a minőség romlására, és a terméseredmények nagyfokú ingadozására lehet számítani. Hazánkban, ahol a mezőgazdaság jelentős szerepet tölt be a gazdaságban, ez a visszaesés érzékenyen érintheti a teljes gazdaságot, de különösen az eddig is hátrányos

helyzetben lévő vidéki térségeket. A 2010. év szélsőséges időjárása mintegy 200 milliárd Ft-os kárt okozott a hazai mezőgazdaságnak, a megelőző évben az aszálykár elérte a 100 milliárdos nagyságrendet. Az éghajlatváltozás erősödésével ezek az összegek tovább nőhetnek.

Vízkészletek

Az éghajlatváltozás hatására változni fog az országban rendelkezésre álló víz mennyisége és minősége is. Így tehát számolnunk kell a fokozódó aszálytal a csökkenő csapadék miatt, ugyanakkor a növekvő árvízveszéllyel is a szélsőséges időjárási helyzetek miatt. A feladatok tehát látszólag kétirányúak. Ugyanakkor a hagyományos ártéri gazdálkodás egyes elemeinek a jelenlegi körülményekre való alakításával két legyet üthetünk egy csapásra. A váltás lényege abban áll, hogy a hagyományos árvízvédelem helyett a vízzel való gazdálkodást kell megerősíteni. Árvízi helyzetben kiemelt szerepet kell kapjon a mederből irányítottan kivezetett víznek az aszályos időszakokra való visszatartása, valamint a víztakarékos öntözési megoldásoknak a kiterjesztése.

A vízkészletek változása a többi nagyrendszerben is változásokat okozhat. A csökkenő vízhozam csökkenti az élővizek öntisztuló képességét. A növekvő párolgás és csökkenő lefolyás a tavak vízháztartását is felboríthatja, és – különösen az Alföldön – számolni kell a talaj vízsztintjének további drasztikus csökkenésével is (KvVM 2008). A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia szerint már 2 °C-os hőmérséklet-emelkedés is drámaian csökkenti a felszín alatti vízkészleteket és így a keleti országrészben a szükséglet mennyisége meghaladhatja a csökkenő készletek által szolgáltatott mennyiséget.

A vizes élőhelyek zsugorodása a természetes ökoszisztémákban is jelentékeny károkat okozhat. A károk és a helyreállítás költségei nehezen számszerűsíthetők, de az előzetes számítások szerint egyedül a Homokhátság vízhiányának pótlására kidolgozott – mégoly vitatható – koncepció 100-180 milliárd forintos befektetést igényelne.

Biodiverzitás és ökoszisztéma

Az éghajlatváltozás a legnagyobb károkat nagy valószínűség szerint a biodiverzitás és az ökoszisztémák területén okozza, azonban az itt bekövetkező károkat a legnehezebb számszerűsíteni. Az éghajlatváltozás számos rendszert érint, így például változni fog a talaj ökoszisztémája, a talaj hőmérsékletének és szerkezetének változása miatt. Egy 2 °C-os hőmérséklet-emelkedés az erdei fajok 10-50%-os pusztulását eredményezheti (Eyre, N. et al. 1998).

Felmerül a kérdés, hogy egy ilyen pusztulás, milyen pénzben kifejezhető károkat okoz. Ennek meghatározása azonban nagyon nehéz feladat. A megközelítések jellemzően a fizetési hajlandóságon, a rekreációs célú vagy gyógyszeripari hasznosításon alapulnak. Ezek azonban még mindig túlzottan antropocentrikus megközelítések és közelítően sem mutatják meg a valódi hatásokat. Nem véletlen, hogy jelentősebb nemzetközi tanulmány eddig nem próbálkozott a hatások pénzben történő meghatározásával. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy abban a tekintetben a szakértők véleménye összecseng, hogy a károk ezen a téren lesznek a legmagasabbak.

Extrém események

Az extrém időjárási események közé tartoznak a hideg- és hóhullámok, szárazságok, árvizek, mérsékelt égövi viharciklonok, trópusi ciklonok, és egyéb események, mint szélvihar, jégeső, stb. Ezek gyakorisága és erőssége várhatóan nőni fog, de nagyon jelentős idő- és térbeli változatossággal. Igen eltérő az egyes országok felkészültsége, és az infrastruktúra fejlettsége, amelyben az esemény kárt okozhat, így a várható költségek is nagyon változatosak. A károk igen jelentősek is lehetnek. Így az aszály egyes országokban a GDP 10%-ának megfelelő

kiadással járhat, de például a trópusi ciklonok a kisebb közép-amerikai országokban a GDP 20%-ának megfelelő károkat is okozhatnak.

Hazánkban a 2010-es évben a szélsőséges időjárás mintegy 200 milliárd forintos kárt okozott a mezőgazdaságban és további mintegy 100 milliárdba kerültek az árvíz okozta károk. Természetesen a károk egy része az éghajlatváltozás nélkül is jelentkezik, ám várhatóan a szélsőséges időjárási események növekedésével a káros is jelentősen nőni fognak. Az ExternE program becslése szerint a Közép-európai térségben éves szinten mintegy 40 milliárd forinttal fognak nőni a kiadások az extrém időjárási események miatt (Eyre, N. et al. 1998). Figyelembe véve a hazai tapasztalatokat ez ennél akár nagyságrendekkel magasabb is lehet egyes években.

Összegzés

Az éghajlatváltozás okozta károk pénzben történő kifejezése nem könnyű feladat és nem is hálás. Számos esetben, így a biodiverzitás, vagy éppen a megbetegedések monetarizálása a fizetési hajlandóságon alapul, amely nagymértékben szórhat, és sokszor nem veszi figyelembe az értékelte faj, vagy személy belső értékét. Mint azt bevezetőnkben írtuk az externáliák kimutatása szükséges rossz, igazodik az éghajlatváltozást okozó gazdaságpolitika logikájához. Ugyanakkor használata fontos, hogy érthetővé tegyük az éghajlatváltozás veszélyét a jelenlegi politikai-társadalmi és gazdasági keretrendszerben.

Magyarországra még nehezebben számszerűsíthető a károkozás. A VAHAVA-program a GDP közel 1%-ára (150-180 milliárd forint) teszi az éghajlatváltozás hazai kárait, a védekezés és helyreállítás költségét (Láng I. et al. 2007).

Ezt a becslést, azonban mi alacsonynak tartjuk. Az éghajlatváltozás gazdasági hatásait elemző tanulmányok közül alapvető jelentőségű a Stern-jelentés, amely nem csak a klímaváltozás gazdasági hatását mutatja be és teszi értelmezhetővé a közgazdász társadalom számára, hanem feltárja a légkörben található üvegházgázok mennyisége stabilizálásának közgazdasági háttérét is. A jelentés szerint 2050-re a globális éghajlatváltozás legalább öt, de akár húsz százalékkal is csökkentheti a globális GDP-t (Stern, N. 2006). Érdemes ezt a költséget összehasonlítani a különböző modelltanulmányokkal, amelyek azt vizsgálták, hogy a CO₂ szintjének stabilizálása milyen hatásokkal járna a GDP-re. Az 500-550 ppm CO_{2e}-szinten történő stabilizáció közepes várható költsége a 2050-ig terjedő időszakban a GDP 1%-a lesz, az egyes becslések pedig a GDP -2%-a és +5%-a között ingadoznak – vagyis egyes kutatók szerint az stabilizációt célzó átállás nem csak kiadásokkal jár, de az ebből származó bevételek révén végeredményben akár pozitív előjelű változásokat is okozhat a gazdaságban (Stern N., 2006).

Vagy hagyjuk, hogy az éghajlatváltozás veszélyeztesse civilizációnkat és súlyos társadalmi-gazdasági-környezeti károkat okozzon, vagy átállunk egy környezetkímélőbb, fenntarthatóbb és igazságosabb gazdaságra. Az átállás költsége legfeljebb akkora, mint az éghajlatváltozás becsült legkisebb költsége. Mai gondolkodásunkkal is egyértelmű, hogy a helyes válasz a váltás, nem is beszélve a kérdés etikai dimenzióiról.

Az éghajlatváltozás kárainak pénzbeni kifejezése egyértelművé tette a zero-karbon átállás szükségszerűségét. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a pénzbeni értékelés nagyon emberközpontú és erősen hiányos. Van azonban egy ennél nagyobb hibája is. Schumacher, E.F. (1973) ezt így foglalta össze: „a természet piaci értékelésének mégsem logikai képtelensége a legnagyobb hibája: ennél is rosszabb és a civilizációra nézve pusztítóbb hatású, hogy mindennek ára van, vagy más szóval, hogy a pénz minden érték között legnagyobbik.” A fenti gondolatokat figyelembe véve nem árt tehát leszögezni, hogy a zero-karbon átállás nem elsősorban józan közgazdasági döntés, hanem erkölcsi kötelesség. Ha az átállást csupán a piaci logika alapján lépjük meg, akkor rövid időn belül újabb, esetleg még súlyosabb problémát generálhatunk.

Felhasznált irodalom:

Eyre N. et al. (1998): ExterneE, Externalities of Energy vol8. Global Warming, European Commission, 193 p.

Gyulai I. (2010): Hogyan kezeli a problémákat az MTVSZ klímátörvény javaslata? előadás, Klímátörvény a fenntartható társadalomért konferencia, Budapest 2010. nov. 26.

KvVM (2008): Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2008-2025), KvVM, 114 p.

Láng I. et al. (2007): Globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok – a VAHAVA-jelentés, Szaktudás Kiadó, 220 p.

Páldy A. (2006): A környezet-egészségügy XXI. századi kihívásai, előadás, Fodor József emlékelőadás, 2006. március 30.

Schumacher, E. F (1973): Small is beautiful, Blond & Briggs, 288 p.

Stern, N. (2006): Stern Review on The Economics of Climate Change, HM Treasury, Cabinet Office, 700 p.

5.3 A szükséges környezetpolitikai változások (Szuhi Attila)

A klímaváltozás elleni küzdelem során, és a zero-karbon kibocsátás eléréséhez nem elegendőek a szakpolitikai beavatkozások, szükséges egy új politikai és gazdasági keretrendszer kidolgozása és alkalmazása, hogy a célokat sikerre vigyük. A nemzetközi környezetben ma már számos kidolgozott séma létezik, amely globális léptékben segítheti a dekarbonizációt. Rövid- és középtávon azonban nagyobb realitása van a regionális megközelítésnek, és az egyedi nemzeti stratégiák alkalmazásának. Látni kell azonban azt is, hogy a kibocsátási határok megvonása mellett óriási lehetőségei vannak egyéb politikai eszközök alkalmazásának is. Ilyen például a karbon valós költségeinek számbavétele, a karbon-adó, vagy a különböző Cap and Share rendszerek. Fontos szerepet kell szánni az energiaár-struktúra átalakításának és a megújuló energiák elterjedését ösztönző beavatkozásoknak is. Az átalakítás – noha a végkimenetel mindenképpen pozitív – nem lesz fájdalommentes. Ezek azonban tompíthatóak jóléti kiadások növelésével és új munkahelyek sokaságának teremtésével.

A lehetséges megoldások keresése során arra kell koncentrálni, hogy fizikailag és technikailag mi végrehajtható, hiszen ehhez szerezhető politikai támogatás is. Az, hogy politikailag mi lehetséges és mi nem, az gyorsan változik a körülmények változása során. Elég, ha utalunk a 9/11 jelenségre, vagy a jelen gazdasági világválságra és politikai következményeire.

A klímaváltozás ellen fellépéshez és a karbon-kibocsátás csökkentéséhez az olajhozam csúcs hozhatja meg azt a sokkot – függetlenül attól, mi a csúcs pontos időpontja –, amely a most még szinte elképzelhetetlen változások végrehajtásához szükséges. Az olajcsúcs nem jelent mást, mint, hogy a fosszilis erőforrások végesek. Noha a tartalékok még rendelkezésre állnak, egy pont után a készletek végeessége és az egyre kedvezőtlenebb geológiai hozzáférhetőség miatt a kitermelés nem fokozható tovább. Egy rövid szinten tartást követően a kitermelés minden erőfeszítés ellenére csökkenni kezd. A fosszilis erőforrások iránti igény és a Föld népességének növeke-

dése ezzel szemben újabb és újabb, egyre növekvő keresletet támaszt, amelyet a csökkenő kitermelés nem tud kielégíteni (Hetesi Zs. 2007). Ez természetszerűleg magával hozhatja a fosszilis energiaforrások drágulását és ennek következményeként a gazdasági recessziót. Ennek első hulláma volt megtapasztalható a jelenlegi válság során, amikor a kőolaj hordónkénti ára egy éven belül megduplázódott, és megközelítette a 140 dollárt, amit természetszerűleg követett a visszaesés. Az olajhozam-csúcs jelenvalóságára figyelmeztet, hogy a kőolaj ára, noha a világgazdaság növekedése még nem indult meg, ismét 90 dollár felett van.

Mindez ahhoz vezet, hogy amit nem tettünk meg a klímaváltozás elleni harc érdekében, azt most sokkal fájdalmasabb úton kell megtennünk a fosszilis energiahordozók árának várhatóan drasztikus emelkedése miatt. Az alacsony karbon kibocsátású gazdaságra való átállás elsőbbséget kellene kapjon, mert a veszély minden egyes elvesztegetett évvel nő, és a halogatás árát később igen drágán kell megfizetnünk.

A nemzetközi politikai keretfeltételek

Az éghajlatváltozás globális probléma, ezért a megoldást is ebben a léptékben kell keresni. Úgy tűnik, hogy abban általános egyetértés van, hogy célként a hőmérséklet növekedésének 2 °C fok alatt tartását kell kitűzni, és ennek érdekében az összes üvegházgáz kibocsátását meghatározott keretek között kell tartani. A nemzetközi együttműködés megteremtése az eltérő nemzeti érdekek miatt rendkívül nehéz feladat. A nemzetek szintjén megteendő irányváltás kapcsán három lehetséges útvonalat vázolhatunk fel:

- az első útvonal a globális karbon árra támaszkodó mechanizmus: ez rendkívül szoros nemzetközi együttműködést jelentene, amelynek lényege egy olyan globálisan elfogadott és általánosan alkalmazott karbon-ár, amely révén az okozott károk megtérítése teljes mértékben megtörténhetne. Így az egyes nemzeteknek nem kellene külön-külön foglalkozniuk a karbon beárazásával, csupán a meghatározott kibocsátás csökkentés eléréséhez szükséges stratégiák kidolgozása és végrehajtása lenne a feladatuk. A fő cél tehát az volna, hogy elérjük, hogy a fosszilis erőforrások alkalmazása ne jelentsen versenyelőnyt egyik ország számára sem – mint ahogyan az napjainkban sajnos általános gyakorlat. Lehetséges volna egy kibocsátási limit meghatározása is, amelyet a fosszilis energiahordozókat kitermelőkre és néhány nagy üvegházgáz-kibocsátó szektorra alkalmaznának – akár limitált kibocsátási engedélyek kiadásával. Ennek egyik típusa a nagy kibocsátók számára állít korlátot, mint a Kyoto 2 és a Cap and Share szisztémák. A másik típus – mint a TEQ (Tradable Energy Quotas) –, amely az egyéneknek juttatna kibocsátási engedélyeket.

- A második forgatókönyv a nemzeti kezdeményezések keretrendszere, amelyben egységes alapelvek szerint, de az egyes országok mégis önállóan döntenének az adó mértékéről és arról, hogy milyen egyéb módszerekkel éri el a kibocsátás csökkentését. Fontos, hogy egy ilyen rendszer esetében a nem teljesítő országokkal szemben szigorú és következetes szankciókra van szükség, mert különben a módszer nem lesz hatékony. Ha ez a forgatókönyv valósul meg, először is meg kell határozni, hogy mi az üvegházgázok biztonságos szintje, és ez milyen kibocsátás mellett érhető el. Korlátok közé kell szorítani az éves üvegházgáz-csökkentés ütemét is – globális szinten. Mindezeket követően az egyes országok lélekszáma alapján kell leosztani a kibocsátásokat. Ez a módszer azzal jár, hogy az iparilag fejlett országoknak gyors csökkentést kell elérniük, míg a fejlődő országok esetében akár a kibocsátás kisebb mértékű növekedése is elképzelhető.

- A harmadik útvonal, az ún. regionális árképzési tervezet ma, a Kiotóban indult folyamat koppenhágai kudarca után a leginkább reális megoldásnak tűnik. Ennek lényege, hogy a hasonló gondolkodású klíma-érzékeny országok összefognak és együttesen vállalják a kibocsátások csökkentését, illetve közösen dolgozzák ki az ehhez vezető utat. Akár közös külső védővámokat is alkalmazhatnak, hogy ne kerüljenek versenyhátrányba a fosszilis energiahordozókat alkalmazó országokkal szemben – amelyek nem hajlandók a kibocsátásaik által okozott károkért anyagi felelősséget vállalni. Egy sikeres együttműködéssel be lehetne árazni a karbont és egy erős

közösség előbb-utóbb vonzóvá tehető a külső államok részére is, különösen, ha a védővámok miatt nem tudnak piacot szerezni. Ez az út azonban kockázatos, mert a globális célok csak regionális összefogással vélhetően nem érhetők el. Másfelől a jelenleg mindenek feletti hatalommal rendelkező globális világszervezetek (pl. Kereskedelmi Világszervezet – WTO; Világbank) nyilvánvalóan nem néznének jó szemmel a formálódó szerveződésekre és védővámjaikra. Pedig az üvegházgázok kibocsátásának csökkentése mellett további területen is szükség van a nemzetközi összefogásra. Így például az erdőirtás megfékezésére elengedhetetlen szükség van, de a szellemi tulajdonjogok terén is sürgős változtatásokat kell eszközölni, hogy a megújuló energiákhoz és energiahatékonysághoz kötődő innovációk gyorsabban elterjedhessenek. Mindemellett gyors és azonnali segítséget kell nyújtani mindazoknak, akik már most áldozatai az éghajlatváltozásnak.

Az elmélettől a gyakorlatig – hazai lehetőségek

Noha a klímaváltozás globális probléma, a koppenhágai klímacsúcs világossá tette, hogy érdemi előrelépés az országok számossága miatt és az önös nemzeti érdekeknek a globális felelősségtudat elé való helyezése okán aligha várható. Éppen ezért nagyobb hangsúlyt kell fektetni a rugalmasabb, regionális és nemzeti szintű megoldási lehetőségekre.

Nemzeti szinten két kulcsfontosságú területen kell lépéseket tenni. Első feladat a karbon árának kialakítása, amelyre több módszer is létezik. Fontos, hogy a beárazást a keretek megteremtése mellett nem szabad csupán a piacra bízni, mert az a rövid távú hasznokat részesíti előnyben, míg a klímaváltozás elleni fellépés éppen a hosszú távon, lassan megtérülő beruházásokat igényli (megújuló energiák stb.). Fontos volna tehát az aktív kormányzati beavatkozás, amely az egész gazdaságot a fenntarthatóság irányába mozdítja részben az előbb említett gazdasági szabályozás révén, illetve szektorális beavatkozásokkal, infrastrukturális befektetésekkel és egyéb más eszközökkel.

Hazánkban is igen komoly irányváltásra van szükség a támogatások rendszerében, amely jelenleg évi 1000 milliárd forintos nagyságrendben támogatja a környezetre ártalmas energiatermelő és feldolgozóipari technológiák (pl. autógyártás, gumigyártás), valamint fogyasztói megoldások (foszilis alapú távfűtés, földgázár-kompenzáció) magyarországi működését. (Pavics L. – Kiss K. 2010)

A karbon-kibocsátás beárazása

A kibocsátott karbon (és más üvegházgázok) árának meghatározása kulcskérdés és e nélkül elképzelhetetlen a kibocsátás csökkentése és a gazdaság fenntarthatóvá alakítása. Erre alapvetően két módszer létezik: a korlát (cap) illetve a karbon-adó, valamint ezek együttes alkalmazása.

A korlát (cap) módszerek

Az elméleti megközelítésen túl, már számos működő, vagy részleteiben kidolgozott konkrét megoldási javaslat létezik e rendszer alkalmazására. Ebbe a kategóriába tartozik az unió emisszió kereskedelmi rendszere is (EU ETS). Mi az alábbiakban egy lehetséges megoldási módszert ismertetünk, a Forgalmazható Kibocsátási Kvóták módszerét. Ennek lényege, hogy a klímacélokat figyelembe véve meghatároznak egy éves kibocsátási korlátot, amely évről-évre csökken. Ez alapján a kibocsátási kvóták 40%-át egyenlően elosztják a felnőtt népesség között. A fennmaradó 60%-át az összes többi kibocsátó között értékesítik piaci alapon (beleértve a kormányzatot is). A kiindulási pont az, hogy minden termék és szolgáltatás kap egy karbon-osztályzatot. Ha a fogyasztó bármit vásárol, akkor egy központi rendszer a termékhez vagy szolgáltatáshoz kapcsolódó kibocsátási egységgel csökkenti a személyes kvóta nagyságát. A személyes kibocsátási kvóták – a nagy rendszerekhez hasonlóan – akár értékesíthetők is lehetnek. Azok, akik többet szeretnének fogyasztani, megtehetik, de ez bizonyosan többletkiadással jár. Akár az is elképzelhető, hogy a kredit túllépés mértékével exponenciálisan nő az ár, hiszen az összefogyasztás nem haladhatja meg a nemzeti szinten megszabott korlátot, amely ráadásul évről-évre csökken.

A TEQ előnye, hogy a teljes lakosságot bevonja a klímapolitikába, és a megoldás részesévé teszi. Sőt pénzügyileg ösztönző is, hiszen aki takarékoskodik, pénzt kereshet a csökkentett kibocsátásával. A módszer kidolgozói szerint ez radikális magatartásbeli változásokat eredményezhet. A TEQ további előnye, hogy piaci alapon működik. Ha a kibocsátás nem csökken megfelelő mértékben, az gyorsan a kibocsátási kvóták árának emelkedését eredményezi a kereslet-kínálat törvényének megfelelően. A rendszer hátrányai között említik az kibocsátási kvóták áringadozását, de ezt maximum és minimum árakkal kezelni lehet. Kétségtelen hátránya azonban, hogy olyan rendszert igényel, amely minden jelentős ponton (pl. benzinkút), személyre szólóan követni tudja a kibocsátási kvóták változását, ám ehhez hasonló rendszer már jelenleg is rendelkezésünkre áll (lásd bankkártyák), ugyanakkor tény, hogy ennek kiépítése és üzemeltetése kiadással jár, a rendszer előnyei azonban ezt jóval meghaladják.

Karbon adó

A karbon-adó nem más, mint egy új adó, amelyet azon termékekre vetnek ki, amely fosszilis üzemanyagot tartalmaz. Az adó konkrét formája igen változó lehet. Lehet néhány forint egy liter benzinen, de akár az ÁFA-t is helyettesítheti. A karbon-adónak számos előnye van a korábban bemutatott rendszerekkel szemben. Először is kipróbált módszer a fogyasztás csökkentése érdekében. Másodszor lényegesen egyszerűbb és azonnal bevezethető. Végül stabil karbon-árat teremt, ami a beruházásokat kiszámíthatóvá teszi.

A szisztéma kulcskérdése az adó mértéke. A túl alacsony adó ugyanis nem biztos, hogy elegendő kibocsátás csökkenést eredményez. Az adó mértékének változtatása pedig a zöldipari befektetéseket teszi kiszámíthatatlanabbá. További probléma, hogy az adó, nem népszerű intézkedés, így politikailag nem stabil. Az emelkedő olaj- és gázárak mellett nehezen vállalható. Általában sokkal jobb pénzt adni az embereknek, az energiamegtakarításra, mint pénzt elvenni tőlük.

Melyik módszert válasszuk?

A karbon adókat könnyű megalkotni és bevezetni, ráadásul stabil karbon-árat teremtenek, azonban népszerűtlenek és emiatt hosszú távú fenntarthatóságuk is kérdéses. A cap-szisztémák lényegesen bonyolultabbak, de politikailag stabilabbak, bevonják a közvéleményt, és biztosan csökkentik a kibocsátást, ráadásul a TEQ közvetlenül jutalmazza azokat, akik kibocsátás csökkenést érnek el.

A helyzet sürgőssége miatt bármelyik megoldás jobb, mintha egyiket sem vezetnék be. A fenti szisztémák kombinálhatóak is, ez azonban csökkenti az átláthatóságot és így a motivációt is. Meglátásunk szerint a 2010-ben kidolgozott – ám el nem fogadott – hazai klímátörvény tervezetében szereplő módszer jó megoldás lehetne az ország számára (Szili K. et al. 2010).

További feladatok

Célzott beavatkozások

A fenti környezetpolitikai lépések mellett további kormányzati beavatkozásokra is szükség van. A piac ugyan hatékony eszköz, de elégtelen, és sokszor szociálisan igazságtalan. A kormányzatnak elsősorban az információk terjesztésében, a szektorközi együttműködések támogatásában, a nagyléptékű infrastruktúráis befektetéseken, illetve az esetleges negatív visszacsatolási mechanizmusok megtörésében kell szerepet vállalnia.

A zöldgazdaság erősítése

A zöldgazdaság erősítése, a zöld New Deal keynesi alapokon tesz kísérletet a három válság (olajválság, gazdasági válság, klímaválság) egyidejű kezelésére.

A reform markáns eleme a pénzügyi szektor újraszabályozása, de kulcselem a megújuló energiaforrások elterjesztése és az energiahatékonyság növelése, mindezeket új munkahelyek teremtése mellett, decentralizáltan és a közösségek bevonásával hajtáná végre. A zöld New Deal alapja az a meggyőződés, hogy a jövőben az energiaárak emelkedni fognak, ezért a megújuló energiákba és az energiatakarékosságba fektetni jó üzlet. A jövőbeni megtakarítás fedezi a jelenben végrehajtott nagyberuházásokat és azok hiteleit. Jó példa az elképzelés logikájának bemutatására Birmingham esete, ahol az önkormányzat 10 ezer házat alakított energiatakarékossá, és ennek költségeit, az így nyert energia-megtakarításból finanszírozza.

A zöld New Deal egy környezetvédelmi és egyben gazdaságélénkítő-program, széleskörű munkahelyteremtéssel. Az elgondolás növeli az energiabiztonságot, csökkenti az energiafüggőséget és javítja az államháztartás egyensúlyát, a csökkenő energiainportnak köszönhetően.

Új energia ár struktúra

Az energiapazarlás mérséklése kulcskérs a kibocsátás csökkentés szempontjából. Ennek eléréséhez nélkülözhetetlen az energiaár szerkezetének átalakítása. Az üvegházhatású gázok, valós környezeti költségeinek beépítése a termékekbe és szolgáltatásokba nem csak a keresletet csökkentik ezek iránt, de ami ennél lényegesebb, átforgalmazzák az energiatermelés szerkezetét a megújuló energiaforrások iránti keresletet támasztva.

Várhatóan a megújuló energiák terjedésével az energiaár napi változékonysága is változni fog. Jelenleg az éjszakai órákban a legolcsóbb az áram a kis kereslet miatt. A szél és napenergiás rendszerek elterjedésével az ár a meteorológiai viszonyok függvénye lesz.

Van egy előremutató radikális javaslat, amely az energiaszolgáltatást alapjaiban alakítaná át, de óriási eredményeket hozna. Ennek lényege, hogy jelenleg a szolgáltatónak a szolgáltatott energia mennyisége után fizetünk (fűtés, villanyáram, stb.). Ezt kellene oly módon átalakítani, hogy a fogyasztó a szolgáltatóval ne mennyiség, hanem szolgáltatás után fizessen. Így például nem a fogyasztott köbméter gáz után fizetnénk, hanem szerződnenénk a szolgáltatóval házuk fűtésére. Így a szolgáltató hirtelen abban lenne érdekelt, hogy azonos színvonalú szolgáltatást, kisebb fogyasztás mellett nyújtson. Így akár befektethetne a ház leszigetelésébe, vagy energiatakarékossá tételébe, hiszen a megtakarítás mellett ő ugyanazt a szolgáltatást tudja nyújtani.

Ez a modell a nagyfogyasztóknál már létezik, a feladat csupán annak kiterjesztése a kisfogyasztókra. Ennek az ún. ESCO-modellnek nagy szerepe lehet az épületszigetelések elterjedésében és az energiatakarékos megoldások megvalósulásában.

A megújuló energiaforrások elterjesztése

Számos olyan kormányzati környezetpolitikai lépés lehetséges, amely a megújuló energiák elterjedését segítik.

- Hazai megújuló háttérpar kiépítése: a megújuló energiaforrások telepítése sokszor azért drága, mert kicsi a verseny, kevés az építőkapacitás, és a külföldi behozatal miatt nagy az árfolyam veszteség. Mindezek a problémák orvosolhatóak a hazai háttérpar fejlesztésével, amely munkahelyeket teremt és csökkenti a beruházási költségeket is.

- A megújuló energiák támogatásának átalakítása: manapság a megújuló energiák kevésbé versenyképesek a fosszilis energiahordozókkal szemben, holott azok lehetnének, ha a költségeket reálisan figyelembe vennék. A megújulókat ma jellemzően kétféleképpen támogatják. Az első módszer lényege, hogy előírják a szolgáltatók számára, hogy a biztosított energiameghatározott százalékát megújuló forrásokból kell fedezni. Amennyiben ezt nem sikerül teljesíteni, úgy bizonyos összeg befizetésével megválthatják a kötelezettségeiket. Ez a rendszer addig ösztönzi a megújuló elterjedését, amíg a kiváltási ár drágább, mint a megújuló ára, ez azonban nem

mindig van így az ár változékonysága miatt. Ezt a módszert alkalmazzák például Nagy-Britanniában. A Németországban elterjedt megoldás, noha drágább, de sokkal eredményesebb. Itt, ha a szolgáltató megújuló energiát állít elő, akkor azt rögzített tarifaáron veszik át. A tarifaár függ a technológiától. A kellően magas tarifaáraknak köszönhetően dinamikus bővül a megújuló energiaforrások alkalmazása és a szektor mintegy 170 000 embert foglalkoztat és bővülése a gazdasági válságban is folytatódott. (Forgács E., 2010)

- A megújuló forrásokból származó hő alkalmazásának ösztönzése: a megújuló energiaforrásokból származó hőtermelés hatalmas tartalékokkal bír és éppen ezért kiaknázása elengedhetetlen. E téren is környezetpolitikai támogatás szükséges, hiszen a technológiák még nem minden esetben versenyképesek a fosszilis tüzelőanyagokkal. Ugyanakkor a technológiák dinamikusan fejlődnek, ezért a támogatási rendszernek is rugalmasnak kell lennie, hogy a változó technológiák elterjedését segíteni tudja. A megújuló energiákon alapuló hőellátás kiszolgálhat egy-egy háztartást, de egész épületkomplexumokat is. A támogatásra három módszert dolgoztak ki, melyek közül az elemzések a **betáplálási ár** (feed-in tariff) módszert találták a legmegfelelőbbnek, amely a megtermelt hőt garantált és dotált áron veszi át. Ez kiszámítható, ösztönzi a beruházásokat és költségei a fosszilis energiahordozókra kivetett adókkal finanszírozhatók.

Következtetések

Az előttünk álló kihívások példa nélküliek, akárcsak a fenyegetések. A klímaváltozás, az olajcsúcs és mellettük a gazdasági világválság olyan nyomást jelentenek, amelyek határozott lépéseket kényszerítenek ki. Ez a hármas válság, ugyanis nem csak fenyegetés, de lehetőség is. A fejezetben bemutatott környezetpolitikai megoldások sok tekintetben a rendelkezésünkre állnak, jó részüket már használjuk is. Véleményünk szerint határozott és szigorú alkalmazásukkal, aktív kormányzati politikával átalakítható gazdaságunk, amely nem csak fenntarthatóbb, de szociálisan igazságosabb is lehet. Noha az átállás nem könnyű és súlyos áldozatokat követel, a végeredmény mindenképpen pozitív. Azonban az időkeretek szűkösek, a cselekvés már nem tűr halasztást.

Felhasznált irodalom:

Forgács E. (2010): Német és Dán megújuló energia, Nemzetgazdasági Minisztérium, 23 p.

Hetesi Zs. et al. (2007): A felélt jövő, Fenntartható Fejlődés Egyetemközi Kutatócsoport

Kemp, M. et al.(2010): Zero Carbon Britain 2030, Centre for Alternative Technology, 384 p.

Pavics L. – Kiss K. (2010): A fosszilis energiák hazai támogatása. Készült a „ZÖLD GAZDASÁGÉLÉNKÍTÉS – Környezetgazdászok kiutazása” című kutatás keretében a Foglalkoztatási és Szociális Hivatal megbízásából. 33 p.

Stern, N. (2006): Stern Review – The Economics of Climate Change. 662 p.

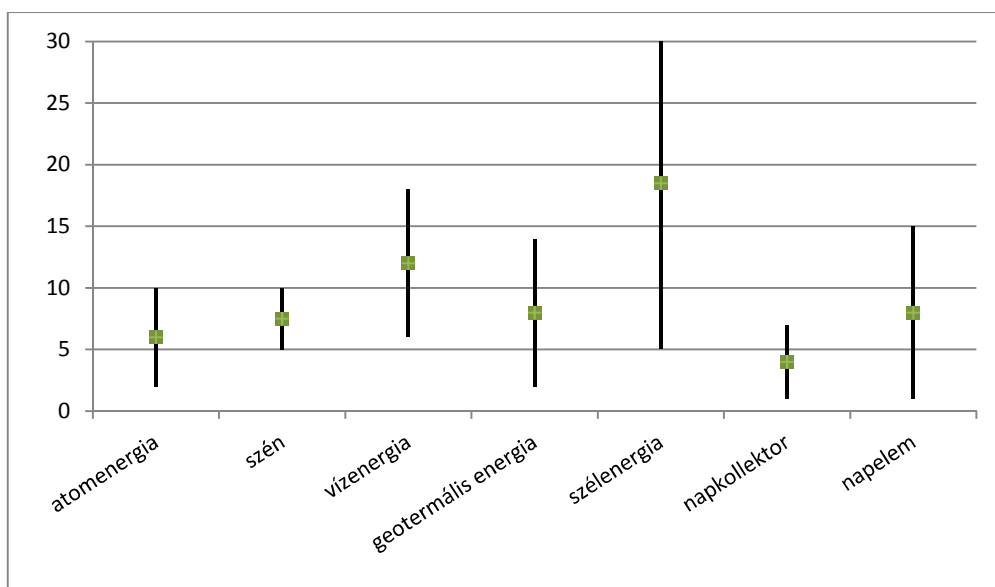
Szili Katalin et al. (2010) : Éghajlat védelméről szóló törvényjavaslat, háttéranyag, 38 p.

5.4 Az energetikai rendszerváltás nehézségei a természeti erőforrások szűkösségének szempontjából (Kovács Krisztina – Csoma Dániel)

Tanulmánykötetünkben kulcsfontosságú szerepet szántunk a megújuló energiáknak és az ahhoz kapcsolódó technológiáknak, azonban nem szabad elfeledkeznünk azokról a tényezőkről sem, amelyek akadályozhatják az átállás folyamatát. Ilyen korlátozó tényező például az egyes természeti erőforrások szűkös rendelkezésre állása. Hiába jár számtalan előnnyel a megújuló energiára épülő technológiák alkalmazása, ám ezeket a rendszereket, berendezéseket is elő kell állítani, késztermékké kell alakítani, és ehhez természeti erőforrásokat kell felemész-

teni és igénybe venni. Ezek az erőforrások előfordulhatnak bőségesen vagy szűkösén. Az elkövetkezendőkben azt fogjuk megvizsgálni, hogy a szűkösén előforduló erőforrások hogyan emelhetnek gátat a megújulók elterjedése elé, és hogy ezek a technológiák milyen mértékben merítik ki a rendelkezésre álló erőforrás-készleteket.

A nyersanyagok mellett az energiabefektetés is lényeges szempont. Ennek megvilágításához a biomassa kapcsán már tárgyalt **EROEI** mutatót hívhatjuk segítségül. Ez azt mutatja meg, hogy az energiahordozó kitermelése vagy előállítása során, egy egységnyi energia befektetésével mennyi egységnyi energiához jutunk. Ez az érték a fosszilis energiaforrások esetében folyamatosan csökken, például az Egyesült Államokban a kőolajra számított 1930. évi 100-as érték 2000-re 11-18-ra zuhant (Cleveland, J.C. et al. 1984; Hall, C.A.S. et al. 1986; Cleveland 2005). Ezzel szemben a megújulók EROEI-ja egyre növekvő tendenciát mutat. Ennek oka, hogy míg a fosszilis tüzelőanyagok elsődleges költségeit a kitermelés jelenti - ami egyre emelkedik az idő múlásával -, addig a megújulóké a technológia, aminek költségei fokozatosan csökkennek. Mivel a fosszilis tüzelőanyagok véges erőforrások, ezért elkerülhetetlen, hogy idővel az EROEI-juk a végtelékig lecsökkenjen. Az egyetlen ésszerű, és a gazdaság számára hatékony megoldás egy olyan energiapolitika bevezetése volna, ami a megújuló energiákra támaszkodik (Petersen, D. 2011).



43. ábra: A különböző villamosenergia-termelő megoldások EROEI-ja – az egységnyi befektetett energiával kinyerhető energiamennyiség (Kubiszewski, I. - Cleveland, C. 2007)

Napelemek

A napelemek esetében két részterületet járunk körbe. Egyfelől az energiarátát, vagyis, hogy milyen hamar képesek a berendezések a legyártásukhoz szükséges energiát megtermelni, másfelől a gyártáshoz szükséges természeti erőforrások rendelkezésre állását.

Az energiarátá kapcsán azt tapasztalhatjuk, hogy a technológia gyors fejlődésével ma már a szélturbinák után a napelemek rendelkeznek a legnagyobb EROEI-val. A kereskedelmi forgalomban is kapható szilícium és vékonyfilm alapú napelemek EROEI-ja átlagosan 3,75-10 között alakul. Viszont már létezik olyan kísérleti koncentráltó napelemes rendszer, amellyel 10-45,45 EROEI értéket értek el. Úgy tűnik tehát, hogy napjainkra ezt a problé-

mát sikerül lassan megoldani, de továbbra is aggályos, hogy a gyártáshoz ritkán előforduló anyagokat, így igen tiszta állapotú szilíciumot (monokristályos, polikristályos és amorf formában), kadmiumot és tellúrt (CdTe), rezet, indiumot és szelént (CIS) használnak fel.

A kutatások szerint a **szilícium alapú napelemek** terawattos (millió MW) léptékű elterjedését a legújabb kutatások szerint a szilícium mennyisége nem fogja korlátozni, mert – bár a kitermelési kapacitás korlátos – az széles körben elérhető és bőségesen áll a világ rendelkezésére (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). Ám az ugyancsak nagy mennyiségben felhasznált **ezüst** készletei már problémát jelenthetnek. A jelenlegi 2000 tonnás felhasználás az ipar teljes igényének 10%-át teszi ki, de a napelemes-felhasználás növekedésének üteme 20-25% körüli (Ristau, O. 2011). Ha sikerül az ezüstöt (mint az elektromos vezetőképesség szempontjából legkedvezőbb tulajdonságú anyagot) kiváltani, vagy használatát visszafogni, úgy tűnik, megszűnnek a természeti erőforrás korlátok a szilícium alapú napenergia technológia előtt (Feltrin, A. - Freundlich, A. 2008; Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). Azonban a helyettesítésére alkalmas anyagok köre egyelőre szűkösnek tűnik. A réz például technikai szempontból reális lehetőségnek látszik, ám ennek készletei is meglehetősen korlátosak. Másik lehetőségként felmerült a kevésbé kedvező tulajdonságú alumínium alkalmazása is. Ez hosszabb távon is megoldást jelentene – és a napenergia-ipar azon problémája is megoldódna, hogy a gyorsan emelkedő ezüst árak egyre komolyabb tételt jelentenek a napelemek árában.

A jelenleg egyre elterjedtebb vékonyfilmes napelem technológiák CdTe és CIS alapúak. Ez főleg azért probléma, mert a gyártás során felhasznált elemek közül a kadmium, tellúr és indium igen ritka, átlagos gyakoriságuk a földkéregben nagyon alacsony. A **kadmiumot** (Cd) szinte kizárólag csak a cinkkohászat melléktermékeként nyerik ki. Mérgező hatása miatt az Európai Unió jogszabályban korlátozta a felhasználását egyes árucikkekben (legutóbb 2011 májusában: 494/2011/EU), de a napelemek egyelőre nem kerültek be a szabályozás alá eső termékek körébe. Az EU ezen lépése valószínűleg jelentősen csökkenti majd a kadmium iránti keresletet (USGS 2011), de a napelem-gyártóknak fel kell készülniük arra is, hogy egy következő lépésben a tiltólistára kerülhetnek.

A **tellúr** szintén ritkán fordul elő a földkéregben, a koncentrációja mindössze 0,01 ppm (Reiser F.K.M. 2009) – ám ennek ellenére úgy tűnik, hogy hosszú évtizedekre elegendő készlet áll még belőle rendelkezésre. Általában arannyal, ezüsttel, és ólommal együtt található meg, de a legjelentősebb forrása a rézérc. Éves felhasználása kb. 1 300 t, miközben újrafeldolgozásával 430 tonnányi kerül vissza a gazdaságba (Green, M. A. 2006). Felhasználása leginkább a napelemek iránti bővülő kereslet miatt növekszik. Készletei jelentősek, a legvalószínűbb előrejelzések szerint felhasználása 2090-ben 5 000 tonnás csúccsal tetőzhet. A tellúrban leggazdagabb és gazdaságosan kitermelhető kőzetek Kínában és Mexikóban találhatók, illetve a jövőben az óceáni talapzat is nagy lehetőséget (becslések szerint 9 millió tonna) rejt (Razykov, T. M. et al. 2011).

Az **indium** a felsoroltak közül a legritkább elem (Höppner, C. M. 2009), mennyisége a földkéregben körülbelül 0,1 ppm. Szinte kizárólag csak cink, réz vagy ólom mellett fordul elő, és bár pontos adataink nincsenek a mennyiségét illetően, legfeljebb 6000 tonnára becslik a még gazdaságosan kinyerhető készletek nagyságát (USGS 2011). Tekintve, hogy évente kb. 500-570 tonnát termelnek ki, ami az 1970-es évekhez képest igen jelentős, körülbelül nyolcszoros növekedést jelent (UKERC 2011). Az elmúlt években elképesztő mértékben megugrott iránta a kereslet, ugyanis nem csupán a vékonyfilmes napelemek egyik fő alapanyaga, hanem a manapság oly divatos LCD- és plazma kijelzőké is.

A **többrétegű (multi-junction) cellák** technológiájánál a **germánium** jelenti a korlátozó természeti erőforrást (2007-ben 95 tonnát használtak fel), de helyettesítése a bőségesen előforduló **galliummal** megoldható, így

ennél a technológiánál is lehetővé válhat a terawattos nagyságrendű elterjedés (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010).

Az IEA (International Energy Agency) becslései szerint – elsősorban a kedvezőbb fogyasztói ár miatt – jelentősen megnő és 46%-os lesz a vékonyfilmes napelemek részesedése 2020-ban, de az UKERC (2011) is hasonló adatokat közöl egészen 2050-ig. Vagyis az előrejelzések szerint egy tartósan fennálló igény mutatkozik a kadmiumra, tellúrra és indiumra, ami a szűkös rendelkezésre állás miatt az e-hulladékok szelektív visszagyűjtésének és újrafeldolgozásának fontosságára hívja fel a figyelmet.

Ugyanakkor reménykedésre jogosít fel bennünket az a tény, hogy már ma is 23 különféle fotovillamos technológia létezik (Wadia, C. et al. 2009). A különféle alapanyagoknak és ezek földrajzi elhelyezkedésének és elterjedtségének köszönhetően a műszaki megoldások más-más utat fognak bejárni. Ezek további fejlődésében reményeink szerint az újrafeldolgozhatóság is alapvető szempontként jelenik majd meg. (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010).

13. táblázat: A vékonyfilmes napelemek alapanyagainak készletei (Reiser, F. K. M. et al. 2009)

	Indium	Szelén	Gallium	Germánium	Tellúr	
előfordulás a földkéregben	0,05	0,12	15	1,4	0,005	ppm
átlagos előfordulása ércekben	4	4	50	20	1,5	ppm
tartalék (2007)	11 000	82 000	>1 000 000	?	21 000	tonna
éves finomítás (2007)	510	1 550	103	100	135	tonna
kimerülési idő (2007)	22	53	9 700	?	155	év

Szélturbinák

A napelemekhez hasonlóan a szélturbinák legyártása is komoly energia- és anyagigénnyel jár. Ugyanakkor a kutatások egyre határozottabban állítják, hogy miközben a szélerőművek tekintetében egy gyors hatékonyságnövekedés figyelhető meg, addig a fosszilis energiaforrások – a könnyen kitermelhető készletek megfogyatkozásával – egyre rosszabb mutatókat produkálnak. Kubiszewski, I. és Cleveland, C. (2007) összegző tanulmánya szerint a szélturbinák EROEI értéke már felülmúlja az összes többi villamosenergia-termelő rendszer EROEI-ját. Például Dániában 1990-ben egy onshore szélfarmon (6 turbina) 71,43-as EROEI-t tudtak kimutatni, ami kiemelkedően magas eredmény. Átlagosan azonban csak 5-30 között alakul ez az érték, és egyenes arányban növekszik a szélturbinák névleges teljesítményével. Ebből következően a nagyobb szélturbinák magasabb anyagköltségekkel járnak, de a megnövekedett teljesítmény és energiahozam kompenzálja a kezdeti nagyobb energiabefektetést (Kubiszewski, I. - Cleveland, C. 2007).

Ez a nagy energiabefektetés nagy részben annak tudható be, hogy a toronynak, a gondolának, a rotornak és még számos más alkatrésznek az acél a fő alapanyaga, aminek az előállítása energiaigényes. A talapzathoz elengedhetetlen az úgynevezett feszített beton, amihez a cement ugyancsak sok energia befektetése árán készül el. A hajtóművekhez szükségesek különféle mágneses anyagok, a gondolóban lévő gépészethez pedig az alumínium és a réz. A rotorok esetében ebből a szempontból kisebb a gond, az epoxigyanta, az üvegszálás és

karbonszálás műanyagok inkább a beléggzéssel a szervezetbe kerülő különféle mérgeanyagok miatt veszélyesek (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010).

Ha világ áramtermelésében a szélenergia részesedését 2030-ra 50%-os szintre szeretnénk emelni, ehhez a számítások szerint körülbelül 4 millió 5 MW-os, vagy annál nagyobb teljesítményű szélturbina üzembe állítására lenne szükség. Egy szélturbina előállításához a legnagyobb mennyiségben felhasznált anyag a beton (megawattonként 1050 tonna), a betonhoz pedig mészkő (cement) és sóder kell. A legnagyobb mennyiségben szükséges nyersanyagok tehát széles körben elérhetők, ezen a téren nincsenek és nem várhatóak ellátási nehézségek (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). Mindazonáltal meg kell jegyeznünk, hogy a cementgyártás nagyon energiaigényes és jelentős CO₂-kibocsátó ágazat, így célszerű volna akár ennek kiváltására technológiai fejlesztéseket eszközölni (Kleijn, R. – Voet, E. 2010).

Magának a szélturbinának a gyártása csaknem 90%-ban acélt igényel. Ez már komolyabb akadály lehetne, mert a jelenlegi termelési arányok mellett a gyártáshoz szükséges vasérc mennyisége csak 100-200 évre elegendő – ugyanakkor az acél 100%-ban újrahasznosítható, és ezzel a lehetőséggel igen hatékonyan élnek is a feldolgozók, hiszen például az Egyesült Államokban 2007-ben például már 98%-os volt az acél újrahasznosítási aránya (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010) – a turbinagyártás tehát ebből a szempontból is biztonságban van.

A mennyiségi sorrendben a következő a rotor fő alkotója, az **üvegszál-erősítésű műanyag**, amelynek aránya csaknem 5,5%. Ennek kapcsán a szakirodalom szerint nem kell ellátási nehézségekkel számolni.

Vegyük sorra az első hallásra a legproblematisabb anyagok közé tartozó **ritkaföldfémek** csoportját, így a neodímiumot, ami a második leggyakoribb ritkaföldfém. Az ebből készített mágnes ma az elérhető legjobb, legerősebb és leghosszabb élettartamú (Rodger, M. 2010). Szélturbinákban használva növeli a hatékonyságukat, csökkenti a karbantartási költségeket és a generátorok súlyát is. A legkorszerűbb szélturbinák építéséhez, amelyek közvetlen hajtású állandó mágneses generátorral vannak felszerelve, körülbelül **1 tonna neodímiumra** van szükség megawattként (Nielsen, O. 2010). Globális termelése ma eléri az évi 26 500 tonnát, és szinte az egész mennyiséget (97%-ot) Kínában bányásszák (Lifton, J. 2009). Mivel jelenlegi készleteit 150 millió tonnára becsülik (USGS 2009), az ellátási nehézségeket ez az egyoldalú függés és a kitermelési kapacitások szűkössége okozhatja (Margonelli, L. 2009; Hurst, C. 2010). Készletek máshol is vannak, de a kilencvenes évek elején a kínai ritkaföldfémek annyira olcsók voltak, hogy a legtöbb kitermelő nem tudta felvenni vele a versenyt, így a többi országban üzemelő bányák bezártak. A következő lépésben a kínai kormány exportkvótákat határozott meg (legutóbb 2011 májusában) – vélhetően azért, hogy saját iparát kedvezőbb helyzetbe hozza a nemzetközi piacon. A válasz bizonyosan nem késik majd, egyfelől a régi bányák újrainyitása, másfelől az újrahasznosítás jelenthet megoldást.

Egyelőre kevés szélturbinában használnak állandó mágneses generátort. A jövőben azonban a helyzet változhat, valószínűleg ez lesz az egyik leginkább preferált technológia (Kleijn R. - van der Voet E. 2010). Nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem, hogy a neodímiumot nem csak ebben az ágazatban, hanem a számítástechnikában és az elektromosautó-iparban is előszeretettel alkalmazzák. Egy intenzív igénynövekedés esetén a helyettesítés is megoldható volna, hiszen léteznek olcsó ferrit mágnesekkel működő generátorok sőt, ritkaföldfémek nélkül működő generátorok is. Utóbbi hátránya a nagyobb tömegből adódik, mely az oszlopok struktúrájának erősítését vonná maga után.

A szélturbinákban felhasznált többi anyagot illetően sem kell jelentős korlátokkal számolnunk. Az **alumínium** a földkéreg harmadik leggyakoribb eleme, csak az oxigén és a szilícium előzi meg. A réz viszonylag gyakori elem, szinte mindenhol megtalálható a Földön. A földkéreg 0,01% **rezet** tartalmaz, előzetes becslések szerint 3 milli-

árd tonna szárazföldi forrással gazdálkodhatunk (USGS 2011). Az **ólom** a Föld leggyakoribb nehézfémé, ebből 1,5 milliárd tonna áll rendelkezésre.

Összességében tehát megállapíthatjuk, hogy anyagellátási oldalról vélhetően nem fenyegeti veszély a szélerőművek nagy léptékű terjedését.

Elektromos és hibrid üzemű közlekedés

Az elektromos autók esetében három olyan erőforrás van, amelyek mennyisége aggodalomra adhat okot: a ritkaföldfémek (neodímium), lítium és a platina. Néhány állandó mágneses váltóáramú motor, mint ami például az hibridhajtású Toyota Priusban van, jelentős mennyiségű ritkaföldfémeket használ fel – így például a Prius motorja **1 kg neodímiumot** tartalmaz (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010). Bár az elektromos autók láthatóan nagyságrendekkel kisebb mennyiségű neodímiumot használnak fel, mint a modern szélturbinák, a teljes potenciális kereslet erre a ritkaföldfémre elég nagy ahhoz, hogy aggodalomra adjon okot. Leginkább amiatt, mert egyre több autó van az utakon. 2050-re az utakon közlekedő – egyes számítások szerint várhatóan – 2 milliárd elektromos autóhoz 2 millió tonna lenne szükséges ebből a ritkaföldféméből, ami 75-szöröse a jelenlegi éves termelésnek. A teljesen elektromos autóknál, amelyek állandó mágneses motort használnak, ez a szám még nagyobb lehet. Azonban, mint a szélturbinák esetében, itt is van alternatíva, így például a Tesla Roadster, ami indukciós motort használ állandó mágnesek nélkül (Kleijn, R. – Voet, E. 2010). Tekintettel ezekre az új fejlesztésekre, nem valószínű, hogy a ritkaföldfémek (különösen a neodímium) szűkössége jelentősen befolyásolná az elektromos autók elterjedését.

A másik lényeges kérdés a **lítium** készletek mennyisége. Az elektromos autóipar alapja a lítium-ion akkumulátor, ami a világ egyik leghatékonyabb és legjobb áramtároló képességével rendelkező akkumulátora. 2009-ben Bolívia rendelkezett a lítium készletek felével – de 2010-ben Afganisztánban is óriási készleteket tártak fel. Jelenleg azonban ezek a nyersanyagok még nem termelhetők ki gazdaságosan, vagy nincs is kiépített infrastruktúra a kitermeléshez – így sem Bolíviában, sem Afganisztánban nem hoznak felszínre lítiumot (Ritter, 2009; Wright, 2010). A gazdaságosan kitermelhető készletek 75%-a **Chilében** található, és ezáltal ez az ország a világ vezető lítium kitermelője. Az egyik nagy probléma, hogy csupán négy országban koncentrálódik a termelés több, mint 90%-a, ami az egyre növekvő kereslet miatt jelentősen emelheti a nyersanyag árát. Ez pedig bizonyosan hatással lesz az elektromos autók jövőbeli árára is. Egy autó esetében a jelenlegi technológia mellett körülbelül **10 kg lítium** szükséges, hogy egy-egy feltöltéssel 161 km-t (100 mérföldet) megtehessenek. 2008-ban a lítium kitermelés **27 400 tonna** volt, míg az ismert és gazdaságosan **kitermelhető készletet 4,1 millió tonnára** tették. Ha évi 48 millió autóhoz (2009-ben ennyi személygépkocsit adtak el [OICA, 2010]) átlagosan csak 10 kg lítiumot használnának fel, az éves szinten 480 000 tonnát jelentene. Ezzel a felhasználási sebességgel már kevesebb, mintegy 25 év alatt kimerülnének a jelenleg ismert gazdaságosan kitermelhető készletek. Az egyéb célokra felhasznált lítium tovább csökkenti a korláatosan rendelkezésre álló készleteket. Ám az előrejelzések alapján szerencsére a helyzet mégsem ennyire borús. Egyrészt a jelenlegi készletek kimerülése az árak emelkedésével temérdek új földtani kutatást fog eredményezni és az ismert szárazföldi készletek mennyisége emelkedni fog. Másrészt idővel a tenger alatt található készletek kitermelése is gazdaságossá fog válni, melyet jelenleg körülbelül **240 millió tonnára** becsülnek (Ritter, S.K. 2009). A technológiai kutatásokkal a lítium-igény is radikálisan csökkenthető. Mindazonáltal a lítium árával kapcsolatos problémák miatt fennáll a veszély, hogy közgazdaságtani paradigmaváltás híján (lásd 5. fejezet) csak jelentős állami támogatással fognak az elektromos autók elterjedni. Összességében elmondható, hogy ebben az esetben nem a készletek szűkössége okoz majd gondot, hanem az a tény, hogy csak pár ország tartja a kezében a piacot.

A **platinakészletek** esetében ismét más a helyzet, hiszen itt az erőforráskorlátok gátat szabhatnak az elektromos autók egy speciális típusának, a **tüzelőanyag-cellás járművek** használatának (Kleijn R. - van der Voet E. 2010). A hidrogén üzemanyagú tüzelőanyag-cellás autók (HFCV) millióinak gyártása jelentősen növeli az igényt. Az előbbi példában bemutatott esetre visszatérve: évente 48 millió 50 kW teljesítményű HFCV autó legyártásához 600 000 kg platínára lenne szükség, ami lényegesen több, mint a jelenlegi éves platinatermelés (2010-ben 183 000 kg [Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2010; USGS 2011]). A platina ára már így is többször csúcsot döntött, és további áremelkedésre lehet számítani a jövőben. Az áremelkedést több tényező is befolyásolja. Ilyenek például a technikai és gazdasági viszonyok, valamint a kínálattal rendelkező országok döntései és a másik oldalról erre adott válaszok, illetve az újrahasznosítás költségei és a minőségi újrahasznosítás megvalósulásának foka. A legnagyobb igényeket az autóipar támasztja iránta. Becslések szerint 29 millió kg platina-csoportba tartozó fém áll még rendelkezésre, és a geológusok szerint nem valószínű, hogy új forrásokat fogunk találni a jövőben. Ez elegendő mennyiség évi 20 millió darab tüzelőanyag-cellás autó legyártásához, plusz a hagyományos katalizátoros autók előállításához és az egyéb felhasználás platinaigényéhez – legkevesebb 100 évig, újrahasznosítás nélkül számolva (Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. 2009). Jelenleg a katalizátorok újrahasznosítása kapcsán beszélhetünk lényegi eredményről, ez egyelőre 10-25% között alakul (Carlson, E. J. – Thijssen, J. H. J. 2002). Szükséges volna tehát ebben az irányban továbblépni, és a reciklálás arányát 90% fölé emelni. Ugyanakkor – ha mindenképpen ragaszkodunk a személygépkocsi használatához – a megnyugtató megoldás nyilvánvalóan az lenne, ha sikerülne a platínát egy kevésbé szűkösen rendelkezésre álló anyagra kiváltani, vagy a hidrogénhajtás helyett más módszert (is) alkalmazni.

Gyógyír a szűkösségre: az újrafelhasználás (recycling)

A nulla hulladék koncepció nem új elképzelés, alapjainak lerakásában kulcsszerepe volt Gábor Dénes magyar származású fizikusnak, aki a **Hulladékkorszak után** című könyvében már 1978-ban felhívta a figyelmet az újrafeldolgozás fontosságára. Ez a megoldás minden hulladék esetében fontos, de döntő szerepe éppen a ritkafémek és nehézfémek tekintetében van, ugyanis ezek mellett, hogy korlátozott készleteik vannak, a környezetbe kerülve súlyos károkat is okoznak.

Éppen ezért igen lényeges például a **napelemek** visszagyűjtése és feldolgozása. Ezek, miután 15-25 éves élettidejük végére érnek, ma már visszakerülhetnek a termelésbe, hiszen ma már két technológiát is alkalmaznak (Berger, W. - Simon, F-G. - Weimann, K. - Alsema, E. A. 2009).

A Deutsche Solar megoldásában a fő cél az, hogy a szilíciumlapokat visszaállítsák olyan állapotba, hogy azok újrafeldolgozhatók legyenek. Az elhasznált berendezések mennyiségét európai szinten 290 tonnára becsülték 2010-re, de már 33 500 tonnát várnak 2040-re. Ebben természetesen az egyéb alkotóelemek is benne foglaltatnak, de erre a technológia kidolgozásánál is figyelemmel voltak, így nem csak a szilíciumot, hanem az üveget (90%-ban) és a fémeket (az alumíniumot 100%-ban [Appleyard, D. 2009]) is újrahasznosítják, ami a környezeti terhelés jelentős csökkentéséhez vezet – hiszen ezek alapanyagait sem kell újra kibányászni, feldolgozni, előállítani (Müller A. - Wambach, K. - Alsema, E. 2006).

A másik újrahasznosító technológiát az amerikai First Solar képviseli. A cég azoknak a CdTe alapú vékonyfilmes napelemeknek az újrahasznosítását végzi, amelynek szinte egyeduralkodó gyártója is (~97%-ban). Ők hozták létre a fotovillamos ipar első átfogó napelem begyűjtési- és újrafeldolgozási programját. A cég a saját termékeit feltétel nélkül, ingyenesen begyűjti. Céljuk, hogy maximalizálják a helyreállított, újrahasznosított anyagok mennyiségét az új termékekben, és minimalizálják a napelemek gyártása során keletkező környezeti hatásokat. A tellúr és a kadmium így körülbelül 95%-ban hasznosul újra (Krueger, L. 2009) - ami már csak azért is nagyon komoly eredmény, mert ezek súlyos környezeti károkat okoznának. A teljes életciklus során mindössze

16,55 mg/GWh kadmium jut ki a környezetbe, kivéve a gyártás energiafelhasználását, ahol a fosszilis energiaforrások felhasználásához kapcsolódóan 200 mg/GWh további szennyezés keletkezik... (Fthenakis, V. 2004).

A visszagűjtés rendszere is kialakulóban van. A PV CYCLE nevű cég 2011 júliusának végéig 12 országban 152 állandóan működő gyűjtőpontot üzemeltet. A 40 modulnál nagyobb rendszerek esetében a helyszínre is kimennek – ráadásul az EU és az EFTA országában egyelőre díjmentesen (WMW 2011).

A **szélenergiával** kapcsolatban is egy viszonylag fiatal iparról beszélhetünk (házánkban az első turbinát például 2000-ben telepítették), így csak korlátozott gyakorlati tapasztalattal rendelkezünk a szélturbinák eltávolítását és újrafeldolgozását (recycling), sőt akár újrahazsnálátát (reuse) illetően. Környezeti szempontból az utóbbi tekinthető lényegesen szerencsésebbnek, hiszen ebben az esetben egy 20-25 éves működési periódus után az egész berendezés felújítását követően – általában egy másik helyszínen – új életet kezdhet a berendezés. Ez tehát a hatalmas tömeget képviselő főelemek legyártását nem igényli, így elmarad az ezekkel kapcsolatos bányászat és feldolgozás számtalan fázisa is. Célszerű ezért ezt a – különben valóban gyakran alkalmazott – lehetőséget előnyben részesíteni.

Az újrafeldolgozás esetében már lényegesen komolyabb kémiai-fizikai átalakítások sokaságát kell elvégezni, ami az újrahazsnálathoz képest magasabb energiafelhasználással és egyéb terheléssel jár – ugyanakkor még mindig nem igényli az elsődleges nyersanyagok kitermelését, ezért ez a megoldás is számításba vehető. (Nalukowe, B. B. - Jiangou, L. - Wiedmer, D. - Lukawski, T. 2006).

A járműgyártásban is keresni kell az újrahazsnálát és újrafeldolgozás lehetőségeit. Az előbbire szép példa a Caterpillar projektje, amely minden szükséges szakmai támogatást biztosít a motorok és egyéb főalkatrészek újrahazsnálathoz – egy másik erőgépbe való beszereléshez. Az autógyártásban a Nissan kínál hasonló megoldást, miszerint a sérült vagy elöregedett akkumulátorokat felújítást követően akár vészhelyzeti tartalék áramforrásként felkínálják a rászoruló háztartások számára. A Nissan Leaf akkumulátora a gyártó szerint három napon keresztül képes fedezni egy három hálózobás háztartás teljes áramigényét (8 kW/nap). A cég a saját központjában is kiépített egy rendszert, amelyben a tetőn elhelyezett napelemek által megtermelt elektromos áramot egy hasonló, újrahazsnált akkumulátorcsomagban tárolják.

Az újrafeldolgozás ennél némileg bejáratottabb megoldás. Sajnos a lítium újrahazsnosítását illetően egyelőre csekély gazdasági érdek mutatkozik. A legtöbb akkumulátor csak kis mértékben tartalmaz lítiumot és az anyag egyelőre olcsó. De egyre több szakértő ismeri fel, hogy mivel csak pár ország tartja kezében a készleteket, így ez könnyen kiszolgáltatottsághoz vezethet. A legjobb megoldás tehát az lenne, ha országosan vagy regionálisan épülnének ki az újrahazsnosító üzemek. Egyelőre még kevesebb cég hajlik az újrahazsnosításra, mert a lítium ára alig 3%-át teszi ki az akku teljes előállítási költségének. Ez elhanyagolhatónak számít, ha összehasonlítjuk a többi felhasznált fém (pl. a nikkel vagy kobalt) árával. Így az újrahazsnosításban is ezek kapják majd a vezető szerepet (Hamilton, T. 2009).

Konklúzió

Az energetikai rendszerváltáshoz szükség átalakulás óriási mennyiségben igényel különféle nyersanyagokat és természetesen energiát is. A probléma azonban – úgy tűnik – nem haladja meg a kezelhető mértéket. A technológia elképesztő gyorsasággal fejlődik: az anyagtudomány új eredményei, a miniaturizálásra való törekvés minden bizonnyal az energiagazdálkodás területén is sok eredményt hoz majd. Ugyanilyen fontos szerepe kell, hogy legyen a hulladékgazdálkodás olyan korszerű megoldásainak, mint az újrahazsnálát, amely nem csak hulladék-, de energiagazdálkodási szempontból is előnyös megoldás.

Felhasznált irodalom:

494/2011/EU rendelet (2011) - Forrás: [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:134:0002:0005:hu:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:134:0002:0005:hu:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:134:0002:0005:hu:PDF)

Appleyard, D. (2009): Light Cycle: Recycling PV Materials - Forrás:

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/04/light-cycle-recycling-pv-materials> (letöltve: 2011.07.26.)

Berger, W. - Simon, F. G. - Weimann, K. - Alsema, E. A. (2009): A novel approach for the recycling of thin film photovoltaic modules

Carlson, E. J. - Thijssen, J. H. J. (2002): Precious metal availability and cost analysis for PEMFC

commercialization, part IV.F.1. (pp. 513–516) of hydrogen, fuel cells and infrastructure technologies. FY 2002 Progress Report, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies, Washington, D.C.

Cleveland, C. J. - Constanza, R. - Hall, C.A.S. - Kaufmann, R. (1984): Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective. *Science* 225:890-897.

Cleveland, C.J. (2005): Net energy obtained from extracting oil and gas in the United States. *Energy* 30:769-782.

EPIA – Greenpeace (2011): Solar Generation 6 – Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World. - Forrás:

<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2011/Final%20SolarGeneration%20VI%20full%20report%20lr.pdf>

Feltrin, A. - Freundlich, A. (2008): Material considerations for terawatt level deployment of photovoltaics

Fthenakis, V. (2004): Life Cycle Impact Analysis of Cadmium in CdTe Photovoltaic Production. - Forrás:

http://www.nrel.gov/pv/cdte/pdfs/cdte_lca_review1.pdf

Fthenakis, V. (2009): Sustainability of photovoltaics: The case for thin-film solar cells

Goto, H. - Suzuki, Y. - Nakamura, K. - Watanabe, T. - Guo, H.J. - Ichinokura, O. (2005): A multipolar SR motor and its application in EV. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 290–291, 1338–1342.

Green, M. A. (2006): Progress in Photovoltaics: Research and Applications

Hall, C.A.S. - Cleveland, C.J. - Kauffmann, R. (1986): Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. Wiley Interscience, NY.

Hamilton, T. (2009): Lithium battery recycling gets a boost - Forrás:

<http://www.technologyreview.com/energy/23215/> (letöltve: 2011.07.26.)

Höppner, C. M. (2009): New Research Results regarding Indium Deposits in the Ore Mountains - Forrás:

http://tu-freiberg.de/presse/aktuelles/aktuelles_detail_en.html?Datensatz=645 (letöltve: 2011.07.25.)

Hurst, C. (2010): China's rare earth elements industry: what can the west learn? - Forrás: <http://fmso.leavenworth.army.mil/documents/rareearth.pdf>

Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. (2009): Evaluating the Feasibility of a Large-Scale Wind, Water, and Sun Energy Infrastructure

Jacobson, M. Z. - Delucchi, M. A. (2010): Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials

Kleijn, R. - van der Voet, E. (2010): Resource constraints in a hydrogen economy based on renewable energy sources: An exploration

Krueger, L. (2009): Overview of First Solar's Module Collection and Recycling Program – in: 34th PV Specialists Conference, Philadelphia. http://www.bnl.gov/pv/files/PRS_Agenda/2_Krueger_IEEE-Presentation-Final.pdf (letöltve: 2011.07.26.)

Kubiszewski, I. - Cleveland, C. (2007): Energy return on investment (EROI) for wind energy - [http://www.eoearth.org/article/Energy_return_on_investment_\(EROI\)_for_wind_energy](http://www.eoearth.org/article/Energy_return_on_investment_(EROI)_for_wind_energy)

Lifton, J. (2009): Braking Wind: Where's the Neodymium Going To Come from? - Forrás: <http://www.glgroup.com/News/Braking-Wind--Wheres-the-Neodymium-Going-To-Come-from--35041.html> (letöltve: 2011.07.24.)

Margonelli, L. (2009): Clean energy's dirty little secret - Forrás: <http://www.theatlantic.com/doc/200905/hybrid-cars-minerals>

Müller, A. - Wambach, K. - Alsema, E. (2006): Life Cycle Analysis of Solar Module Recycling Process - forrás: http://www.nrel.gov/pv/thin_film/docs/mullermrs2005.pdf (letöltve: 2011.07.26.)

Nalukowe, B. B. - Jianguo, L. - Wiedmer, D. - Lukawski, T. (2006): Life Cycle Assessment of a Wind Turbine - Forrás: [http://www.infra.kth.se/fms/utbildning/lca/projects%202006/Group%2007%20\(Wind%20turbine\).pdf](http://www.infra.kth.se/fms/utbildning/lca/projects%202006/Group%2007%20(Wind%20turbine).pdf) (letöltve: 2011.07.26.)

Nielsen, O. (2010): Neodymium, Energy and Mining - Forrás: <http://my.opera.com/nielsol/blog/2010/11/01/neodymium-energy-and-mining> (letöltve: 2011.07.27.)

OICA (2010): 2009 Production Statistics - Forrás: <http://oica.net/category/production-statistics/2009-statistics/>

Razykov, T. M. - Ferekides, C. S. - Morel, D. - Stefanakos, E. - Ullal, H. S. - Upadhyaya, H. M. (2011): Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects

REN21 Global Status Report 2011 - Forrás: http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf (letöltve: 2011.07.25.)

Petersen, D. (2011): Encouraging renewable energy: smart policy

Ristau, O. (2011): A Thirst for Silver. in: PV Magazine, 07/2011, pp. 18-21.

Ritter, S. K. (2009): Future of metals - Forrás: <http://pubs.acs.org/cen/science/87/8723sci1.html>

Rodger, M. (2010): Neodymium's Strategic Importance Gets Traction With US Congress - Forrás: <http://rareearthinvestingnews.com/934/neodymium's-strategic-importance-gets-traction-with-us-congress/> (letöltve: 2011.07.24.)

UK Energy Research Centre (UKERC) (2011): Materials Availability: Potential constraints to the future low-carbon economy - Forrás: http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-download_file.php?fileId=1687

US Geological Survey (USGS) (2009): Mineral Commodity Summaries 2009 - Forrás: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2009/mcs2009.pdf>

US Geological Survey (USGS) (2011): Mineral Commodity Summaries 2011 - Forrás: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011/mcs2011.pdf>

Wadia, C. - Alivisatos, A. Paul - Kammen, Daniel M. (2009): Materials Availability Expands the Opportunity for Large-Scale Photovoltaics Deployment

WMW (2011). Solar PV Recycling - One Step Ahead. Waste Management World Weekly E-digest, 2011. 08. 12

Yang, C. J. (2009): An impending platinum crisis and its implications for the future of the automobile

5.5 A megújuló energiaforrások társadalmi elfogadottsága hazánkban (Baros Zoltán)

Az energiatermelés és -felhasználás megváltoztatására irányuló megújuló energetikai beruházások sok esetben a fenntartható fejlődés felé tett első lépések egyikének tekinthetők. Ezek kedvező hatásai mára jól ismertek, többek között az a tény is, hogy hozzájárulnak az érintett területek környezeti minőségének megváltozásához, valamint gazdasági-társadalmi jólétének fejlődéséhez. Egy, a megújuló energiaforráson alapuló fejlesztés hosszú távú perspektívát jelenthet a hátrányos helyzetű térségekben is. A beruházások sikerességét meghatározó kulcstényezők kapcsán többek közt a természeti-környezeti adottságokat és abból következően különböző gazdasági mutatókat szokás megemlíteni. A megújuló energiaforrások alkalmazása azonban ezeken túl függ az adott térség fogyasztói struktúrájától, történelmi, gazdasági és politikai helyzetétől (Baros Z. - Tóth T. 2008). Sok esetben a lakossági támogatás vagy elfogadottság mértékét másodlagos tényezőnek tekintik – miközben az nagymértékben gátolhatja (sőt, esetenként meg is hiúsíthatja) egy-egy esetlegesen megvalósuló nagyobb volumenű beruházás (pl. szélerőművek, biomassza tüzelésű hőerőmű) létrejöttét, de akár gyorsíthatja is azt, azaz végső soron a hatékonyabb megvalósítás érdekeit szolgálhatja.

Magyarországon a megújuló energiaforrások hasznosítása terén jelentős előrelépés figyelhető meg az elmúlt tíz évben, ugyanakkor a felhasználás mértéke ma is jóval elmarad a lehetségestől. Számos olyan példát/hivatkozást találunk, ahol ezt az elmaradást a társadalom hozzáállására vezetik vissza. Jelen tanulmányrészlet arra vállalkozik, hogy a nagyobb mértékű elfogadtatást segítő/akadályozó általános társadalmi feltételek bemutatásán túlmenően röviden, néhány beruházáson keresztül értékelje a megújuló hazai társadalmi fogadtatását.

A megújuló energiaforrások társadalmi elfogadottságának feltételei

A területfejlesztési célok végrehajtása döntően azon múlik, hogy sikerül-e az érintett szereplők tevékenységét és a forrásokat koordinálni. A megújuló energiaforrások hasznosításához olyan komplex társadalmi-gazdasági-politikai-ökológiai kompromisszumnak kell megvalósulnia, amelynek hiánya elterjedésük fő akadályaként jelentkezik (Ekéné Zamárdi I. - Baros Z. 2004). A feltételrendszer társadalmi szegmense önmagában is igen összetett. Ez Marton (2000) rendszerében – kiterjesztve azt a megújuló energiaforrások mennyiségi leírására szolgáló három szintre – az ún. szociológiai-gazdasági (máshol társadalmi-gazdasági) potenciált képviseli, amely azt az energiát (energiamennyiséget) jelenti, melyre a keresleti viszonyok között reális a lehetőség. Alaposabb tanulmányozását indokolja az, hogy felmérése-becslése igen nehéz (részben szubjektivitása miatt), másfelől ugyanakkor viszonylag rövid idő alatt megváltoztatható.

Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy a kormányzati támogatás hiánya miatt fontos szerep juthat a közösségi kezdeményezéseknek. A helyi erőforrások összefogása, csoportosítása és mozgósítása csak egy nagy belső öntudattal rendelkező, jól megszervezett közösség számára elérhető. A megújuló energiaforrások hasznosítása befektetés- és erőforrás-igényes, ráadásul a beruházások egy része a közösség tagjainak beleegyezését is kell, hogy élvezze. Egy nem összetartó, rosszul megszervezett közösség esetében külső beavatkozások könnyen meg tudják akadályozni a beruházás megvalósulását (Patkós Cs. -Baros Z. 2004).

Másfelől viszont egy, a helyi energiaforrásokat hasznosító, megújuló energiát előállító üzem az erőforrásokhoz való közös hozzáférés érzését is nyújthatja a közösség számára. Nemzetközi néprajzos, kulturális antropológiai példák mutatják, hogy ez fontos részét képezi a közösségi identitásnak (London, J. 1999; Moussouris, Y. 2000). Tájéktépfőmáló tényezők is lehetnek a maguk nemében, hiszen beleépülnek a természetes környezetbe, és mint

ilyen, a mindennapi percepción keresztül fontos részét képezik az adott helyen élő közösség identitásának, kultúrájának is (Baros Z. - Patkós Cs. 2004).

A legtöbb helynek megvan a saját maga identitása, amely a hely fizikai tulajdonságait és funkcióit, valamint az ahhoz kapcsolódó szignifikanciákat foglalja magában (Entrikin, J. N. 1991). Rannikko (1997) ezek két típusát különíti el: (a) személyes, valamint (b) a helyhez kötődő bizonyos csoport számára közös szignifikanciákat. Ebből kifolyólag az identitás egyrészt vizsgálható úgy is, mint az egyén helyhez fűződő kapcsolata, másfelől mint kollektív helyi identitás. Ez utóbbi hosszú távú társadalmi gyakorlat eredményeként alakul ki, így fontos, hogy a közösséget érintő változások nem lehetnek túl gyorsak vagy radikálisak, hiszen azokhoz az érintett közösség csak fokozatosan képes alkalmazkodni. Olyanoknak kell lenniük, amelyeket az egyén el tud viselni, és amelyeket be tud fogadni. Amennyiben a közösséget gyors és nagymértékű változások érik, annak stabilitása kerülhet veszélybe (Rannikko, P. 1999). A lassú alkalmazkodás különösen igaz az idősebb korosztályra. Ahogy azt Vanclay (2002) is megjegyzi, különösen az ő esetükben figyelembe kell vennünk az adott tájhoz, tájképhez fűződő szorosabb érzelmi kötődést, aminek következménye lehet az, hogy bármilyen változást nehezebben fogadnak el.

Egy helyi erőmű létrehozása nemcsak a helyi közösségek, települések, önkormányzatok ellátásbiztonsággal, áremelésekkel szembeni kiszolgáltatottságot csökkentheti, de a közösségnek, az önkormányzat megnövekedett bevételei révén, anyagi jólétet is hozhat. A témakör fontosságát mi sem mutatja jobban, minthogy már az 1970-es évek végétől különböző közösségi tűzifa programokat indítottak, elsősorban a fejlődő országokban. Woods et al. (1980) szerint a projektet összhangba kell hozni a közösség igényeivel, illetve a közösség tagjainak is részt kell venni a tervezésben és a kivitelezésben. Mivel fontos a közösség többségi támogatásának elnyerése, így megfelelő tájékoztatást kell biztosítani a program céljairól, előnyeiről, költségeiről. E mellett szükség van technikai, anyagi háttérre, az esetleges technikai nehézségek leküzdésére, a helyiek és a külső szakemberek közötti, illetve a helyiek közötti kooperáció segítésére. Nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy a helyi lakosságot anyagilag is érdekeltté kell tenni a projekt megvalósításában. A programokat úgy kell tehát felépíteni, hogy abból a közösség minden tagjának legyen haszna, a bevételek ne csak néhány, erre specializálódott termelőhöz kerüljenek.

A lakosság megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos magatartását több részre kell bontanunk.

A **gazdasági indíttatású viselkedés** tekintetében meghatározó szempont a fűtésre, elektromos áramra fordított kiadás mértéke, hiszen egy adott személy legvalószínűbben akkor fog ilyen technológiát választani, amennyiben gazdasági szempontból az megéri. Döntésében befolyásolhatják a technológiáról alkotott ismeretei, illetve saját szempontjai: mennyire kényelmes, megbízható, zavaró hatásoktól mentes.

A **környezeti tudatosság** mértéke és jellege Kovács (2006) szerint elsősorban az egyéni tudásra és pszichológiai komponensekre vezethető vissza, ahhoz a szerző szerint három összetevő rendelhető: **a tudás, az érzelmi és a magatartás komponens**. Az ezek által kialakított egyéni értékrend folyamatosan változtatható, hiszen pl. a „tudás-komponens” bővíthető, míg az „érzelmi komponens” befolyásolható. Mindkettő során kiemelt szerep jut a környezeti nevelésnek. A tudás komponens ebben az esetben különösen fontos, hiszen a megújuló energiaforrások alkalmazása szinte minden esetben valamilyen új megoldás befogadását, elfogadását igényli. Nehezíti a helyzetet, hogy a forgalmazó vagy beruházó sem minden esetben rendelkezik pontos információkkal, illetve érdekelt lehet ezek torzításában.

Az individuum szintjén meghozandó döntésnél figyelembe veszi továbbá azt is, hogy az adott berendezés milyen *zavaró hatást* fog gyakorolni. Egy-egy ilyen létesítmény ugyanis jelentős mértékben megváltoztathatja az

érintettek lakókörnyezetükről, annak élhetőségéről alkotott képét. Részben ennek is köszönhető, hogy pl. a közösségi szélenergia-fejlesztési projekteknél egyetlen esetben sem várható a teljes közösség támogatása. A megújuló energiaforrások társadalmi-közösségi elfogadtatása szempontjából érdemes áttekinteni azoknak az épített és természeti környezetre, valamint emberre gyakorolt, legtöbbet említett hatásait, melyeket a 14. táblázatban foglaltunk össze. Az itt említett problémák igen jelentős regionális különbségeket mutatnak (pl. fontos kérdés lehet, hogy egy-egy ilyen beruházás turisták által frekvenciátlan látogatott területen valósul-e meg?). Előfordulhat az is, hogy egy amúgy jelentős zavaró hatás egy másik helyszínen egyáltalán nem jelentkezik vagy nem okoz problémát (Baros Z. - Tóth T. 2008).

14. táblázat: A megújuló energiaforrások környezeti hatásai Forrás: Baros Z. - Tóth T. (2008)

Név	Hatás
Szélenergia*	<ul style="list-style-type: none"> – árnyékolás – árnyék-vibrálás – baleseti kockázat – beavatkozás a légköri áramlási rendszerbe – a biológiai sokszínűség sérülése – elektromágneses interferencia – madárpusztulás – tájterhelés (látvány) – területfoglalás – zajkibocsátás
Napenergia	<ul style="list-style-type: none"> – nagy helyigény – erősen megnő a beépített terület – tükrözés
Biomassza	<ul style="list-style-type: none"> – füst (szilárd és gáznemű szennyezők) – nagy helyigény – tájterhelés (látvány)
Vízenergia	<ul style="list-style-type: none"> – a tereprendezés következményei: <ul style="list-style-type: none"> - nagy területen elpusztítják a talajt, - átalakítják a domborzatot – az érintett területen elpusztul az eredeti élővilág (egy része) – a környék ökológiai viszonyai megváltoznak: <ul style="list-style-type: none"> - megemelkedik a talajvízszint - módosul a klíma és a talaj – a hordalékszállítás és -lerakás körülményei megváltoznak
Geotermikus energia	<ul style="list-style-type: none"> – ha a felhasznált vizet nem sajtolják vissza: <ul style="list-style-type: none"> - kimerítheti a földalatti vízbázisokat - elszennyezi a felszínieket

Nem szabad elfeledkeznünk arról sem, hogy bizonyos hatások (pl. zajkibocsátás, tájesztétika) megítélése meglehetősen szubjektív és erősen függ a véleményt alkotó egyén és a létesítmény kapcsolatától, amely (a lakossági támogatás) a tapasztalatok szerint a tervezés és a megvalósítás különböző fázisaiban jelentős változáson esik át. Ennek – akár a projekt megvalósulását is veszélyeztető – mélypontja a szélerőművek esetében azok felépítésekor figyelhető meg (Krohn, S. - Damborg, S. 1999).

A probléma megkerülése egyfelől gondos tervezést, a telepítési hely gondos megválasztását igényli (pl., hogy ne ütközzön lakó- vagy üdülőközösségek érdekeibe), de a külföldi irodalom a projektek sikeres megvalósításának egyik kulcselemként említi az érintetteknek a tervezés folyamatába történő mielőbbi bevonását is.

15. táblázat: A szél erőművek okozta zavaró hatások és az azok mértékét meghatározó tényezők Forrás: Baros Z. - Tóth T. (2008)

<i>Zavaró hatás</i>	<i>Meghatározó tényező</i>
Vizuális hatások	<ul style="list-style-type: none"> – az objektum elhelyezkedése (domborzat jellege) – a lakosság (a minta átlagos) fényérzékenysége
Zajhatás	<ul style="list-style-type: none"> – a lakosság (a minta átlagos) zajérzékenysége
Tájképre gyakorolt hatás	<ul style="list-style-type: none"> – az erőmű mérete (magassága; darabszám) – láthatósága (takarás) – elhelyezés (térköz – több turbina esetén) – tájképben elfoglalt szerepe – közelben lévő tájértékek – tájkarakter (domborzat) – kontraszt
Élővilágra (madárvilágra) gyakorolt hatás	<ul style="list-style-type: none"> – a telepítés helye vonulási útvonal található-e, – a telepítés helye fészkelőhely és/vagy élőhely közelében található-e, – az érintett fajok testmérete, – az érintett fajok védettségi foka, – az érintett fajok száma

A fentieket összefoglalva elmondható, hogy a helyi lakosság akkor hozhat felelős döntést a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos beruházásokat illetően, ha tisztában van az adott technológia biztosította előnyökkel (illetve az azzal járó hátrányokkal), amihez elengedhetetlen, hogy minél teljesebb körű és pontosabb (dezinformációktól mentes) tájékoztatásban részesüljön a beruházás céljairól, előnyeiről, költségeiről.

A megújuló energiaforrások és a magyar társadalom

A fejezet a továbbiakban a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos hazai véleményekről az elmúlt években elvégzett kérdőíves felmérések eredményei alapján kíván rövid áttekintést adni. A vizsgálatokhoz felhasznált kérdőívek az alábbiak szerint tipizálhatók:

- Mintaterületként választott térségekben (Tiszazug, Cserehát, Hernád-völgy) a lakosság megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos általános ismereteinek, véleményének, valamint egy, a településükön esetlegesen megvalósuló ilyen beruházással kapcsolatos álláspontjának megismerését célzó kérdőív (Patkós Cs. - Baros Z. 2004; Ekéné Zamárdi I. - Baros Z. 2004; Tóth T. - Baros Z. 2009; Tóth T. - Szegedi S. 2009, Gyarmati R. - Baros Z. - Tóth T. 2010);
- Működő hazai szél erőművekkel kapcsolatos lakossági fogadtatását vizsgáló kérdőív (Kulcs, Moson-szolnoki és Felsőszolca) (Baros Z. - Patkós Cs. - Tóth T. 2004; Baros Z. - Tóth T. 2008 és 2009);
- A fa biomasszaként (tűzifaként) történő hasznosítása kapcsán a fához, az erdőhöz való érzelmi viszonyulás vizsgálatának felmérése egyetemi hallgatók körében (Baros Z. - Patkós Cs. 2004).

A szélenergia-projektek fogadtatásának ismertetése során felhasználjuk a felmérések eredményei alapján kidolgozott **Elfogadottsági Indexet** (Public Acceptance Index – PAI) is (Baros Z. - Tóth T. 2008 és 2009).

Motiváló tényezők

A felmérések eredményei azt mutatják, hogy a megkérdezettek döntő hányada elégedett a háztartásban használt fűtési, illetve melegvíz-előállítás berendezésekkel. Az ilyen célra kifizetett összeget viszont a válaszadók mintegy 2/3-a soknak tartja, ez szoros összefüggést mutat a kedvezőtlen jövedelmi viszonyokkal, így elsődleges tényezőt képvisel az új típusú, olcsóbb alternatívát képviselő energia-előállítási technológiákra történő váltásban. Az idősebb korosztály esetében fontos tényező lehet a kényelem, míg általánosságban elmondható, hogy a környezetvédelmi szempontok vagy a reklámok hatása – az alacsony jövedelmek miatt – másodlagosnak tekinthető.

A környezeti és energiatudatosságról

A tűzifa hasznosítása, az energiaerdők kapcsán fontos kitérni arra, hogy a természeti környezet, így az erdők megközelítése (az általuk kínált materiális javak, jóléti funkciók stb. révén) társadalmi hasznosságuk felől történik, ugyanakkor a társadalom ezeket nem fizeti meg. Ezért a természet- és környezetvédők részéről – akik elsősorban az erdők diverzitása, rezisztenciája és rezilienciája megőrzésének fontosságát hangsúlyozzák – ezen haszonelvű erdőgazdálkodás erőteljes kritikája fogalmazódik meg, (Süli-Zakar I. 1996). A hazai megközelítés tehát a szélsőségek felé hajlik (Baros Z. - Patkós Cs. 2004), ahol például az erdő a) mint a természet egy darabja jelenik meg, melyet érintetlenül kell hagyni; b) a korlátlanul rendelkezésre álló, természeti értéket nem képviselő alapanyag vagy energiahordozó.

A felmérések eredménye szerint erős érzelmi kötődés nyilvánul meg az erdők, a fa iránt. Jelentkezik ez a fából készült épületek szépségének megítélésében, az erdők rekreációban játszott fontos szerepében, az erdőszültség hazai mértékének megítélésében – például az azzal kapcsolatban megnyilvánuló elégedetlenség révén. Azt mondhatjuk, hogy az alacsony erdőszültség, a tömegtermelésre épített intenzív mezőgazdasági földhasználat tartóssága nem alakította ki az emberekben az erdő sokoldalú hasznosíthatóságának tudatát. Ez az összkép a tűzifának, mint tüzelőanyagnak széles körben történő elterjesztése szempontjából nem túl biztató (Baros Z. - Patkós Cs. 2004).

Az egyes technológiák ismerete

A megújuló energiaforrások egyes típusai ismertségük alapján 3 csoportba sorolhatók. A legnépszerűbbnek a nap-, szél- és vízenergia számít (16. táblázat), az összes vizsgálati területen 80-90%-os ismertséget mutatnak, függetlenül a természeti adottságtól. A csereháti települések esetében ezek közül is a szélenergia dominanciája feltűnő, közel 100%-os ismertséget érve el. Ez egyértelműen a felsőzsolcai szélérőműnek köszönhető, ami a településekről ugyan közvetlenül nem látható, azonban a vasúton és a 3-as főúton közlekedők számára a völgy déli részéről már messziről észrevehető (Tóth T. - Baros Z. 2009).

A második csoportot a közepes ismertségnek örvendő geotermikus energia (50% körüli) és az egyes biogén erőforrások képviselik – ezekről csak minden második illetve harmadik megkérdezett hallott, jóllehet ismertségük az elmúlt néhány évben jelentősen növekedett (Tóth T. - Baros Z. 2009). Utóbbiak esetében ez az állítás csak azok átlagértékeire (30-35%) igaz, az egyes típusok ismertsége között ugyanis igen jelentős különbségek tapasztalhatók. Tanúságos volt a Tiszazugban – hazánk egyik legjelentősebb olajosnövény-termesztő körzetében – a biodízel viszonylag alacsony, 1/3-os ismertsége. A legkevésbé ismert technológiák között található pl. a fotovillamos energiatermelés.

Míg a korábbi években folytatott felmérésekben jelentős, mintegy 20%-os volt azok aránya, akik megújuló energiaforrásról ne hallottak volna, a megkérdezettek körében 2008-ban már nem akadt ilyen válaszadó (Tóth T. - Baros Z. 2009).

16. táblázat: A megújuló energiaforrások ismertsége a Tiszazugban (%)
Forrás: Patkós Cs. - Baros Z. (2004)

Megújuló energiaforrás típusa	Ismertség (%)
Napenergia	95,47
Szélenergia	89,59
Vízenergia	86,42
Geotermikus energia	54,3
Biogáz	51,13
Biobrikett	45,25
Biomassza-tüzelés	39,82
Biodízel	34,84
Egyikről sem hallott	18,55
Energiaerdő	16,29
Bioetanol	9,95
Fotovillamos energia	7,24

Az utóbbi évek pozitív irányú változásai a megújuló médiában történő gyakori megjelenésének tulajdonítható.

A kapcsolódó előnyök ismerete

A lakosság tisztában van a megújuló energiaforrások nyújtotta előnyökkel; nyitott az ilyen beruházásokra és meglehetősen sokat vár azok esetleges megvalósulásától (Ekéné Zamárdi I. - Baros Z. 2004). A megújuló energiaforrásokhoz kapcsolódó, a kérdőívben megadott tulajdonságok közül a **környezetvédelmi** szempont tűnt a legfontosabbnak, ezt a válaszadók legalább 80%-a jelölte meg. A megkérdezettek tehát tisztában vannak azzal, hogy a megújuló energiaforrások nem szennyeznek a környezetet, és tudták azt is, hogy ezek révén, a fosszilis energiahordozókhoz képest **olcsóbban** lehet energiához jutni (60-65%). Ezt követően a helyi energia-előállítás megvalósulását jelölték meg a legtöbben. A többi megjelölhető szempont – a rossz minőségű mezőgazdasági területek hasznosíthatóvá tétele, a foglalkoztatási viszonyok javítása stb., többé-kevésbé egyforma arányt képviselnek (20-30%). Itt szükségesnek látszik megjegyezni, hogy elsősorban az egyéni érdekeknek megfelelő tulajdonságok ismertsége nagy. Az elmaradott térségek felzárkóztatásához hozzájáruló tényezőkre viszonylag alacsony (Patkós Cs. - Baros Z. 2004).

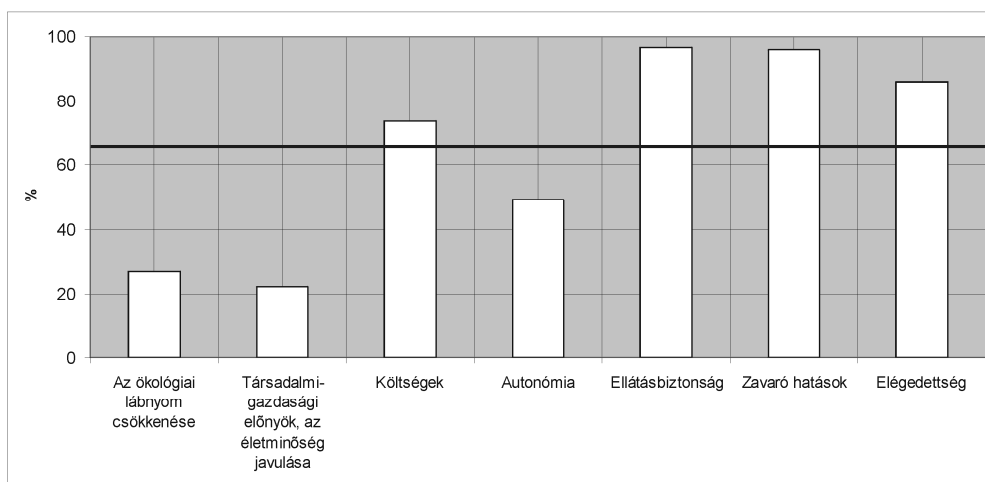
Ugyanakkor a válaszokban a beruházások települési, illetve egyéni szinten jelentkező előnyeinel az előbbieknél valamelyest nagyobb aránya rajzolódik ki. Forró és Encs település esetében (Tóth T. - Baros Z. 2009) a válaszadók 80%, illetve 70%-a gondolta úgy, hogy efféle fejlesztések eredményként környezetvédelmi és anyagi előnye egyaránt származna a településnek. Mindössze 1% körüli azok aránya, akik egy ilyen beruházástól semmilyen előnyt nem várnának, illetve kifejezetten hátrányosnak tartanák. Az egyéni szinten megjelenő környezetvédelmi és anyagi előnyöket a települési értékekhez képest kevesebben jelölték meg (Encsen 64%, Forró 59 %). Magas (30% körüli) azok aránya is, akik úgy gondolják, hogy egy-egy ilyen beruházás számukra semmilyen előnnyel nem járna.

A berendezések elfogadottsága

A lakóhely közelében megvalósítandó beruházás ellen sem fogalmazódott meg jelentősebb ellenvélemény – az egyes mintaterületeken mindössze néhányan nyilatkoztak úgy, hogy egyik berendezésnek sem örülnének. Legkevesebben biomassa alapú hőerőművet, illetve kisebb vízerőművet tudnak elképzelni. A hőerőmű elleni tiltakozás nem a fának, mint alapanyagnak szól, hanem elsősorban a kéményeknek, illetve a füsthatásnak. Ennél lényegesen nagyobb támogatottságot élveznek a szél- és napenergia hasznosításához kapcsolódó berendezések, melyek közül a legnagyobb arányt a napelemek és szélkerekek képviselik – 70-80%-os aránnyal (Ekéné Zámárdi I. - Baros Z. 2004).

3 hazai szélerőmű kapcsán elvégzett vizsgálat eredményeiből (Baros Z. - Tóth T. 2009) kiderült, hogy az érintett települések lakossága alapvetően pozitív fejleménynek tartja a szélerőművek telepítését. A szélerőműveket ellenzők által sokat hangoztatott negatív hatások a válaszokban csak esetenként jelennek meg, összességében azt mondhatjuk, hogy a válaszadók mindhárom erőművet szépnek, illetve látványosnak gondolják, így megépítésükkel a korábbi tájkép pozitív irányban változott. A turbinák által kibocsátott zajt mindössze néhányan (az erőmű tözsomszédságában élők) tartják zavarónak, illetve hangosnak. Ezek a zavaró hatások csak a lakóházakon kívül tapasztalhatók – ritkán, időszakos jelleggel. A megkérdezettek döntő többsége szerint szélerőművek a környék madárvilágára jelentősebb hatást nem gyakoroltak, és a helyi lakosság esetében nem következett be egészségkárosodás.

A kiszámított Elfogadottsági Index értéke 61,49% (Felsőzsolca) és 64,43% (Kulcs) között változik (44. ábra), amely a vizsgált projektek általános társadalmi elfogadottságát és a lakosság elégedettségét mutatja, ugyanakkor felhívja a figyelmet néhány olyan problémára is, amelynek kezelése nélkül ez a támogatás könnyen elveszhet. Tanulságos, hogy a válaszokban csak korlátozottan jelennek meg a szélerenergia hasznosításából fakadó társadalmi-gazdasági előnyök vagy akár a helyi energia-előállítás lehetősége. Az olcsóbb energiához való jutás lehetőségének alacsony aránya Felsőzsolca esetében szembetűnő. Az ellátásbiztonsággal kapcsolatban nem merültek fel kifogások, fontos tehát azt is látnunk, hogy magát a technológiát a megkérdezettek alapvetően megbízhatónak tartják.



44. ábra: A Kulcsi Szélerőmű Elfogadottsági Indexe (Forrás: BAROS Z. - TÓTH T. 2008)

Távlati kilátások

Összességében elmondható tehát, hogy bár a megújuló energiaforrások a hazai lakosság körében pozitív fogadtatásra találtak, jó néhány olyan hiányosság jelentkezik, amely nem hagyható figyelmen kívül. Ezek közül az alábbiak emelendők ki:

- a lakosság megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos ismereteinek alacsony foka;
- ezek az ismeretek nem mindig vannak összhangban az érintett térségek kínálta természeti adottságokkal;
- a hiányos ismeretekből fakadhatnak a későbbi beruházásokkal szemben felmerülő negatív, azokat gátló megnyilvánulások;
- elsősorban a beruházások által nyújtott gazdasági-társadalmi előnyök tekintetében jelentkeznek komoly hiányosságok.

Lényegében azon tulajdonságokról van szó, melyek leginkább hozzájárulhatnak egy-egy hátrányos helyzetű térség vagy település felzárkóztatásához, az ott élők helyzetének javításához, magasabb életszínvonalának eléréshez. Tehát nem érvényesülhetnek azok a külföldi és hazai szakirodalomban részletesen ismertetett előnyök, melyek a megújuló energiaforrások hasznosításához társíthatók. Ennek eredményeképp az érintettek tudatában nem jelennek meg a település, illetve a maguk számára fontos előnyök, így egy-egy beruházást nem érznek magukénak, esetenként egy „fejük felett meghozott” döntés miatti szükséges rosszként élik meg, annak megvalósítását nem feltétlenül támogatják. A hazai tervezés általános hiányosságai (az érintettek bevonásának hiánya vagy alacsony foka), valamint az egyes technológiákkal kapcsolatos információk hiánya, félinformációk pedig tovább fokozzák a kétségeket, növelik az ellenállást, így végül egy-egy beruházás megvalósításának megghiúsulását eredményezhetik. Az ilyen, immár hazai precedensekkel is alátámasztható sikertelenségek túlmutatnak az egyes beruházások szintjén.

A megvalósulás hiánya ugyanis végső soron veszélyezteti a hazánk által, a megújuló energiaforrások felhasználásának növelése terén kitűzött távlati céljait. Ennek egyik szegmensét maguknak a nagyberuházásoknak az elmaradása képviseli, nem szabad azonban elfeledkeznünk arról sem, az előbb felsorolt hiányosságok a háztartások felhasználása tekintetében is korlátozó tényezőt jelentenek, így a megújuló széleskörű elterjedését akadályozhatják. Ezek a tényezők egyrészt a környezeti tudatformálás, valamint a minél teljesebb körű információ-szolgáltatás fontosságára hívják fel a figyelmet, melynek főbb szereplői az oktatás, a média, valamint az Internet lehetnek.

A megújuló energiaforrásokhoz kapcsolódó beruházások minél gördülékenyebb megvalósításához nem megke-
rülhető a válaszadók megítélésének felmérése az alábbi szempontokból:

- a potenciális zavaró hatásokkal kapcsolatos érzékenység;
- a technológiával kapcsolatos főbb ismeretek, illetve a hasznosításukból fakadó környezeti, társadalmi-gazdasági előnyök;
- a zavaró hatások.

Az ily módon elvégzett vizsgálatok segítséget jelenthetnek mind a tervezési folyamatban érintett szakemberek, mind a befektetők számára a legproblémásabb kérdések felismerésében, egyben hozzájárulnak azok megoldásához is. Amennyiben pedig az új technológiák működőképességük bizonyulnak, jelentősen nőhet a vidéki területek népességmegtartó képessége, elkerülhetők a közösségen belüli, illetve közösségek közötti – sokszor népességelvándorlással járó – konfliktusok (Rannikko, P. 1999) is.

Összességében azt mondhatjuk, hogy ezen szemléletnek a tervezés egész folyamatában jelen kell lennie, és világos helyet kell elfoglalnia egy-egy település vagy kistérség megújuló energetikai stratégiájában (17. táblázat).

17. táblázat: Példa egy kistérség megújuló energetikai stratégiájának célrendszerére

Vízió	A biomasszára alapozott energiahasznosítás jelentős növelése a kistérségben		
Stratégiai célok	<u>A termelés növelése és a kínálat bővítése</u>	<u>Feldolgozás és hasznosítás</u>	<u>Szervezeti háttér kialakítása és a beruházás promóciója</u>
Prioritások	I. Prioritás <ul style="list-style-type: none"> - erdőterületek bevonása és növelése fászáru biomassza növelésére - mező- és erdő-gazdasági mellék-termékek összegyűjtése - lágyszáru energianövények termesztése, részarányuk növelése 	7) II. Prioritás <ul style="list-style-type: none"> - feldolgozó kapacitás megteremtése - fűtőmű, biodízel-üzem, vagy biogáz-telep kialakítása - végfelhasználói kör kiterjesztése 	III. Prioritás <ul style="list-style-type: none"> - menedzsment létrehozása <ul style="list-style-type: none"> o felhasználói klaszter vagy partnerség kialakítása (központ(ok) létrehozása; termelők összefogása; az összegyűjtésben és feldolgozásban szerepet vállaló vállalkozások összefogása; tudományos háttérrel biztosító szervezetek bevonása) o logisztikai háttér megteremtése - promóció <ul style="list-style-type: none"> o A felhasználói kör tájékoztatása, a beruházás elfogadottságának növelése o A beruházás marketingje, mint a várospolitika része
Horizontális szempontok	A fenntartható fejlődés biztosítása <ul style="list-style-type: none"> - Környezeti fenntarthatóság - Gazdasági fenntarthatóság - Társadalmi fenntarthatóság 		

A beruházás promóciója tehát két okból tartható fontosnak.

- A helyi társadalom meggyőzése, ellenállásának minimalizálása, az érintettek időben történő és minél teljesebb körű tájékoztatása. Ezzel bővíthető a felhasználói kör, és növelhető a beruházás elfogadottsága.
- Az energiaellátás környezetbarát, helyben megtermelt biomasszára vagy más megújuló energiaforrásra alapozott biztosítása jelzi a város vagy kistérség környezetvédelmi elkötelezettségét, érvényesítheti a hasznosításából fakadó előnyöket (levegőminőség javulása, munkahely-teremtés, energiafüggettség csökkentése, stb.), ugyanakkor példaként is szolgálhat más hazai település vagy kistérség számára.

Felhasznált irodalom:

Baros Z. - Patkós Cs. (2004): Az erdőkhöz fűződő érzelmi viszonyulás vizsgálata a biomassza energetikai célú hasznosítása kapcsán. A Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciájának (Táj, tér, tervezés; Szeged, 2004. szeptember 4-5.) CD-kötete.

Baros Z. - Patkós Cs. - Tóth T. (2004): A szélenergia hasznosításának társadalmi vonatkozásai Magyarországon – Léggör, 49. évf. 3. szám. pp. 14-18.

Baros Z. - Tóth T. (2008): Módszer a megújuló energiaforrások társadalmi elfogadottságának mérésére. In: Magda Sándor–Dinya László (szerk.), XI. Nemzetközi Tudományos Napok - Vállalkozások ökonómiája. A Tudományos Napok előadásai I. Gyöngyös. pp. 189–96.

Baros Z. - Tóth T. (2009): A szélenergia társadalmi elfogadottságának mérése és felhasználása a területi tervezésben. II. Települési konferencia (Debrecen, 2009. november 27-28.) előadaskötete, pp. 228-233.

Bujdosó Z. - Patkós Cs. - Radics Zs. (2010): Partnerség és nyilvánosság a területfejlesztésben a rendszerváltás után – Egy hazai vállalkozás tapasztalatai Corvinus Regionális Tanulmányok 2010. 1-3. pp.29-40.

Burningham, K. (2000): Using the Language of NIMBY: a Topic for Research, not an activity for researchers – Local Environment. Vol 5. No. 1. pp. 55-67.

Ekéné Zamárdi I. - Baros Z. (2004): A megújuló energiaforrások felhasználásának társadalmi vonatkozásai a világban, Európában és hazánkban – A megújuló energiaforrások kutatása és hasznosítása az Észak-Alföldi régióban elnevezésű munkaértekezlet (Debrecen, 2003. november 24.) előadaskötete, pp. 113-123.

Entrikin, J. N. (1991): The Betweenness of Place: Towards a Geography of Modernity. London, Macmillan.

Fazio, R. H. (1995): Attitudes as Object-evaluation Associations: Determinants, Consequences and Correlates of Attitude Accessibility. In: Petty, R. E.-Krosnick, J. A. (eds): Attitude Strength: Antecedents and Consequences. Hillsdale, Erlbaum, NJ.

Gyarmati R. - Baros Z. - Tóth T. (2010): A megújuló energiaforrások elfogadottságának vizsgálata két Hernád-völgyi településen. A 12. Nemzetközi Tudományos Napok (Gyöngyös, 2010. március 25-26.) CD-kiadványa.

Holahan, C. J. (1982): Environmental Cognition, In: Environmental Psychology – Random House, New York, pp. 49-89.

Kovács A. D. (2006): A környezeti tudatosság területfejlesztésben betöltött szerepe alföldi példákon keresztül. III. Magyar Földrajzi Konferencia, 2006. szeptember 6-7. Budapest, MTA). Szerk.: Kertész Á. - Dövényi Z. - Kocsis K.) Budapest: MTA FKI. CD-ROM, 10 p.

Krohn, S. - Damborg, S. (1999): On public attitudes towards wind power – Renewable Energy 16. pp. 954-960

London, J. (1999): Ways into the Forest: Place, Identity and Resource Access in California's Northern Sierra Nevada – Forrás: <http://www.mtnforum.org/>

Marton Gy. (2000): A biomassza hasznosítás energetikai, ipari és környezetvédelmi aspektusai – Biodízel a jövő motorhajtóanyaga, I. Magyar Biodízel Konferencia előadás-gyűjteménye (Herceghalom, 2000. május 26.)

Moussouris, Y. - Pierce, A (2000): Biodiversity Links to Cultural Identity in Southwest Morocco – Forrás: <http://ag.arizona.edu/ALS/ALN/aln48/moussouris&pierce.html>

Patkós Cs. - Baros Z. (2004): A humán erőforrások szerepe a megújuló energiaforrások felhasználásában – Határon átnyúló kapcsolatok, humán erőforrások című tudományos tanácsülés (Debrecen, 2003. november 10-11.) előadáskötete, pp. 71-75.

Rannikko, P. (1997): From Functional to Symbolic Local Community: A Case Study of a Forest Village in Eastern Finland – Research in Community Sociology, Volume 7, pp. 223-246.

Rannikko, P. (1999): Combining Social and Ecological Sustainability in the Nordic Forest Periphery – Sociologia Ruralis, Volume 39, Number 3, pp. 394-410.

Sears, D. - Funk, C. (1991): The role of self-interest in social and political attitudes. Advances in experimental social psychology, Academic Press, San Diego.

Stanton C. (1996): The Landscape Impact and Visual Design of Windfarms – School of Landscape Architecture, Edinburgh College of Art, Heriot-Watt University, Lauriston Place, Edinburgh

Süli-Zakar I., (1996): Erdő- és vadgazdálkodás – In: Perczel Gy. (szerk.): Magyarország társadalmi-gazdasági földrajza – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 279-283.

Tóth T. – Baros Z. (2009) A megújuló energiaforrások társadalmi megítélésében bekövetkezett változások Encs és Forró példáján. In: Orosz Zoltán–Szabó Valéria–Fazekas István (szerk.), Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. Debrecen pp. 153–8.

Tóth T. - Szegedi S. (2009): A szélerőművek környezetre gyakorolt hatásainak társadalmi megítélésében bekövetkezett változások. In: Mesterházy Beáta (szerk.), „VIII. Természet-, műszaki és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia. 8th International Conference on Application of Natural-, Technological- and economical Sciences. Előadások – Presentations” (CD-rom). Szombathely. 2009.

Vanclay, F. (2002): Conceptualising social impacts – Environmental Impact Assessment Review 22. pp. 183-211.

Woods, D. H. et al. (szerk., 1980): The Socio-Economic Context of Fuelwood Use in Small Rural Communities – AID (Agency for International Development) Evaluation Special Study No. 1.